

547064

Rec'd PCT/PTO 25 AUG 2005

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際特許願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

10/547064

(43) 国際公開日
2004年9月10日 (10.09.2004)

PCT

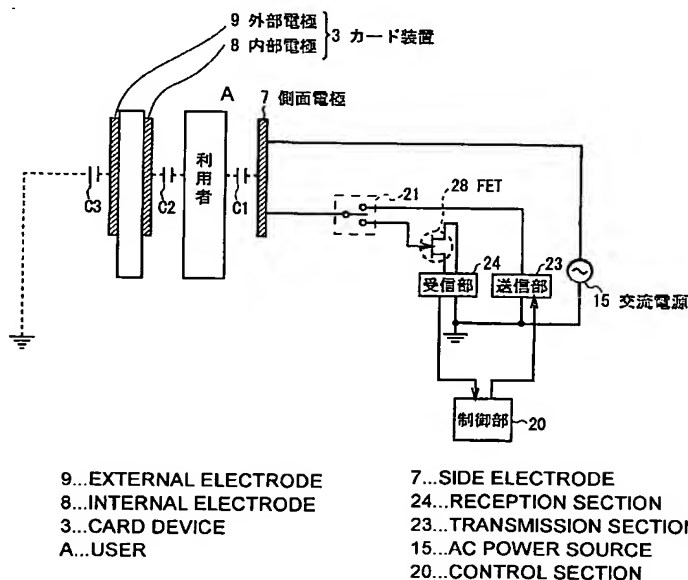
(10) 国際公開番号
WO 2004/077704 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H04B 13/00, 5/02 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/002371 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 滝口 清昭
(22) 国際出願日: 2004年2月27日 (27.02.2004) (TAKIGUCHI, Kiyooki) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(25) 国際出願の言語: 日本語 Tokyo (JP).
(26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 田辺 恵基 (TANABE, Shigemoto); 〒141-0032
(30) 優先権データ: 特願2003-51867 2003年2月27日 (27.02.2003) JP 東京都品川区大崎3丁目6番4号 トキワビル5階
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 Tokyo (JP).
東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 通信システム



(57) Abstract: It is possible to improve the degree of freedom in the communication using a quasi-electrostatic field. A communication system (1) includes a card device (3) (ticket gate 2) generating from an internal electrode (8) (side electrode 7), a quasi-electrostatic field according to an identification signal S5 (communication signal S9) modulated according to identification information S4 (communication information S8), thereby charging a human body. The ticket gate (2) (card device 3) detects a displacement of intensity of the information transmission quasi-electrostatic field DTD formed isotropically in the vicinity of the human body, via the side electrode (7) (internal electrode 8) and FET (28) (FET 37) and demodulates the identification information S4 (communication information S8) according to the detection result. Thus, it is possible to realize information transmission/reception without posing direction constraint in the vicinity of a human body or requiring a predetermined action of a human body and while assuring secrecy. This significantly increases the degree of freedom in communication.

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/077704 A1



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 本発明は、準静電界を用いた通信の際における自由度を向上できるようにする。本発明は、通信システム1においては、カード装置3(改札機2)側では識別情報S4(通知情報S8)に応じて変調した識別信号S5(通知信号S9)に応じた準静電界を内部電極8(側面電極7)から発生することにより人体を帯電させ、改札機2(カード装置3)では人体近傍へ等方に形成される情報伝送準静電界DTDの強度の変位を側面電極7(内部電極8)及びFET28(FET37)を順次介して検出し、当該検出結果に基づいて識別情報S4(通知情報S8)を復調するようにしたことにより、人体近傍において方向性の制約もなく秘匿性を確保した状態で、かつ人体に所定の動作を強要もせず情報の送受信を実現することができ、かくして、通信の際における自由度を向上することができる。

明 細 書

通信システム

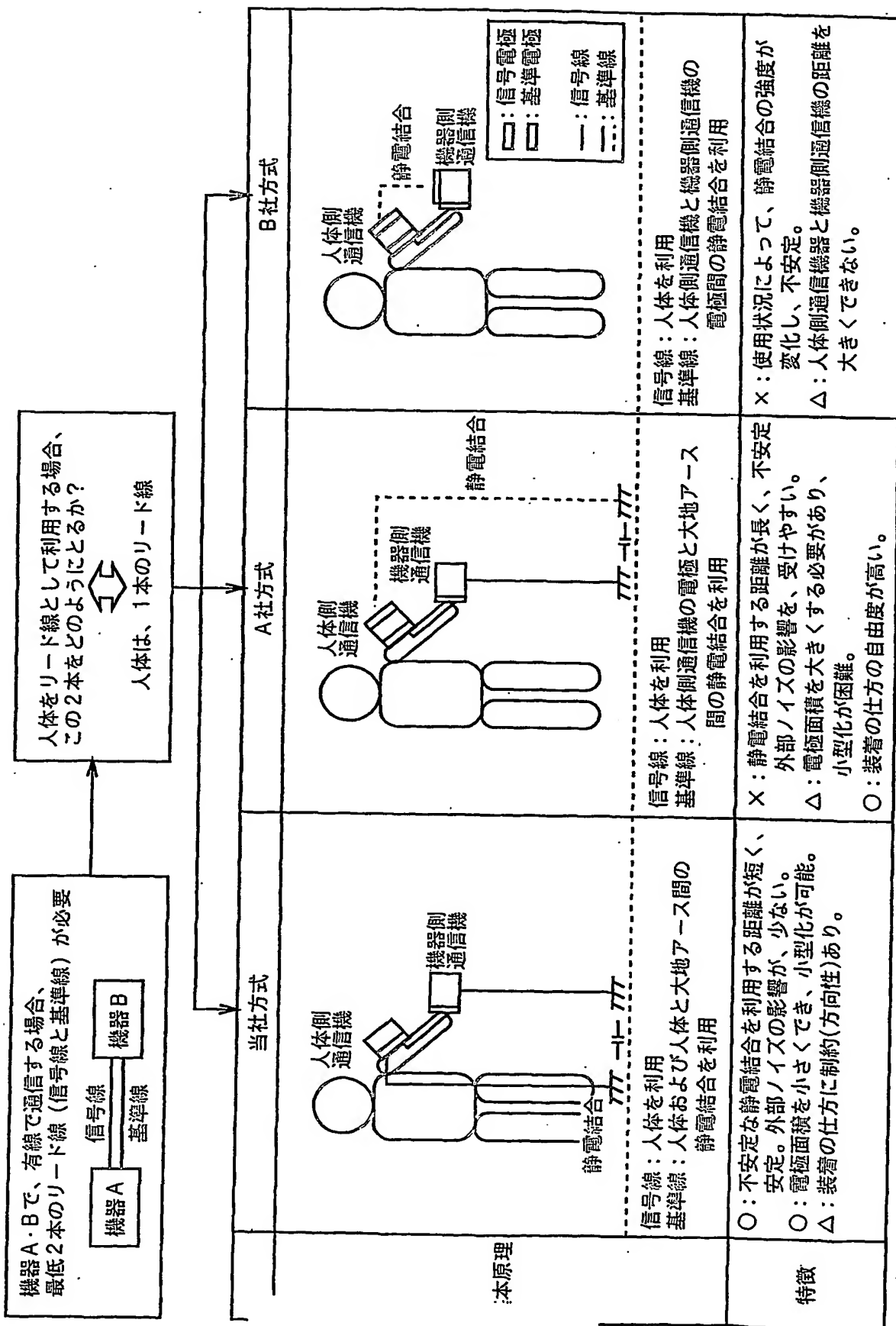
技術分野

本発明は通信システムに関し、例えば電界を介して情報を送受信する通信システムに適用して好適なものである。

背景技術

従来、通信システムは、例えば携帯電話機間において放射電界（電波）を用いて情報を送受信したり、例えば駅の改札機に設けられたデータ読出書込器内のコイルと、ＩＣカード内のコイルとの間における電磁誘導により情報を送受信するようになされている。

近年、例えば下記の表１に示すように、人体表皮に当接された状態で装着される人体側通信機と、当該人体の近傍に機器側通信機とを設け、当該人体側通信機の電極を介して人体に交流電圧を印加し、その結果、人体側通信機及び機器側通信機における各電極間に介在する人体を媒質としたコンデンサの作用により、当該機器側通信機の電極で生ずる静電誘導現象を用いて情報を送受信するようになされた通信システムが提案されている（例えば非特許文献１参照）。



また、表 1 に示した場合の他にも、送受信用の電極間に介在する人体を媒質としたコンデンサの作用により、受信用の電極に生じる静電誘導現象を用いて情報を送受信するようになされた通信システムが数多く提案されている（特許文献 1 ～ 9、非特許文献 2 ～ 5 参照）。

特許文献 1 特表平 1 1 - 5 0 9 3 8 0 号。

特許文献 2 特許第 3 0 7 4 6 4 4 号。

特許文献 3 特開平 1 0 - 2 2 8 5 2 4 号。

特許文献 4 特開平 1 0 - 2 2 9 3 5 7 号。

特許文献 5 特開 2 0 0 1 - 3 0 8 8 0 3 号。

特許文献 6 特開 2 0 0 0 - 2 2 4 0 8 3 号。

特許文献 7 特開 2 0 0 1 - 2 2 3 6 4 9 号。

特許文献 8 特開 2 0 0 1 - 3 0 8 8 0 3 号。

特許文献 9 特開 2 0 0 2 - 9 7 1 0 号。

非特許文献 1 インターネット<URL : <http://www.mew.co.jp/press/0103/0103-7.htm>> [平成 15 年 1 月 20 日検索]。

非特許文献2 2002.3.1、蜂須賀啓介、中田杏理、柴健次、佐々木健、保坂寛、板生清（東大）「人体を伝送路とした情報通信デバイスの開発」マイクロメカトロニクス学術講演会講演論文集 VOL, 2002, 春季; PP. 27-28。

非特許文献3 2002 中田杏理、蜂須賀啓介、柴健次、佐々木健、保坂寛、板生清（東大）「生体内通信システムの開発」精密工学会大会学術講演開講演論文集 春季; PAGE. 640。

非特許文献4 2002.3.1 藤井勝之（千葉大）、伊達公一（千葉大）、田島茂（ソニーコンピュータサイエンス研）「人体を伝送路として利用した通信システムのモデル化に関する検討」社団法人映像メディア学会技術報告 Vol. 26, No. 20, pp. 13~18。

非特許文献5 2002.3.18 蜂須賀啓介、中田杏理、武田健人、佐々木健、保坂寛、板生清（東大 大学院新領域創世科学研究科）、柴健次（東京理大 理工）「人体を伝送路とした情報通信デバイスの開発」マイクロメカトロニクス Vol. 46, NO. 2; PP. 53-64。

ところでかかる構成の通信システムにおいては、送受信用の電極間に介在させる人体を媒質としたコンデンサの作用を物理的作用の前提としていることにより、当該電極間で通信する際の通信強度が電極面積に依存してしまう。

また、送受信用の電極間に介在させる人体を媒質としたコンデンサの作用を物理的作用の前提としていることにより、例えば、送信用の電極を人体の右手首に装着した場合には当該右手首から指先方向以外への通信については物理的に不可能となり、一方、送信用の電極を人体の胸近傍に装着した場合には当該胸から前面方向以外への通信については物理的に不可能となる。

このように通信システムにおいては、送受信の電極間に介在させる人体を媒質としたコンデンサの作用を物理的作用の前提としていることにより、人体に装着する電極位置に応じて通信方向が制約されるのみならず、当該通信の強度が電極面積に依存する結果、通信の際における自由度が乏しいという問題があった。

発明の開示

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、通信の際における自由度を向上し得る通信システム、通信装置及び通信方法を提案しようとするものである。

かかる課題を解決するため本発明においては、送信すべき情報に応じて変調した準静電界を発生することにより、帯電性を有する識別対象を帯電させる第1の通信装置と、識別対象の帯電状態の変化を検出し、当該変化に基づいて情報を復調する第2の通信装置とによって通信システムを構成する。

この場合、通信システムでは、所定の情報に応じた識別対象の帯電により当該識別対象表面からその周囲等方へ準静電界におけるアンテナとして作用させることができるため、従って第1の通信装置における電極の位置に応じて通信方向が制約されることなく、当該通信の強度が電極面積に依存することなく通信することができ、かくして通信の際における自由度を向上することができる。

また本発明においては、識別対象が人体であっても、人体の性質上極めて良好に帯電するため、人体の動作の有無に係わらず当該人体表面からその周囲等方へ準静電界におけるアンテナとして作用させることができる。

さらに本発明においては、電界の誘導電磁界成分が通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、基準周波数に応じた構造に電極を形成することにより、準静電界通信に不要な誘導電磁界成分や放射電界成分を抑制した分だけ通信に必要なエネルギーを低くできると共に、不要伝播を抑制して空間分解能を向上させることができ、通信の安定化を図ることができるため、通信の安定化を図ることができる。

以上のように本発明によれば、送信すべき情報に応じて変調した準静電界を発

生することにより、帯電性を有する識別対象を帯電させ、識別対象の帯電状態の変化に基づいて情報を復調するようにしたことにより、所定の情報に応じた識別対象の帯電により当該識別対象表面からその周囲等方へ準静電界におけるアンテナとして作用させることができるため、送信側の電極の位置に応じて通信方向が制約されることなく、当該通信の強度が電極面積に依存することなく通信することができ、かくして通信の際における自由度を向上することができる。

また本発明によれば、識別対象が人体であっても、人体の性質上極めて良好に帯電するので、人体の動作の有無に係わらず当該人体表面からその周囲等方へ準静電界におけるアンテナとして作用させることができ、かくして通信の際における自由度を向上することができる。

さらに本発明によれば、電界の誘導電磁界成分が通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、基準周波数に応じた構造に電極を形成することにより、準静電界通信に不要な誘導電磁界成分や放射電界成分を抑制した分だけ通信に必要なエネルギーを低くできると共に、不要伝播を抑制して空間分解能を向上させることができ、通信の安定化を図ることができるため、通信の安定化を図ることができ、かくして通信の際における自由度を向上することができる。

図面の簡単な説明

図1は、極座標系の説明に供する略線図である。

図2は、距離に対する各電界それぞれの相対的な強度の変化(1)を示すグラフである。

図3は、距離に対する各電界それぞれの相対的な強度の変化(2)を示すグラフである。

図4は、波長と距離との関係を示すグラフである。

図5は、第1の実施の形態による通信システムの全体構成を示す略線図である。

。

図 6 は、改札機の構成を示す略線かつブロック図である。

図 7 は、人体におけるアンテナとしての作用の説明に供する略線図である。

図 8 は、通信システムにおける電氣的な接続関係を略線図である。

図 9 は、カード装置の構成を示す回路的ブロック図である。

図 10 は、改札機の床面の説明に供する略線図である。

図 11 は、人体を理想的なダイポールアンテナとして作用させた場合に形成される準静電界の等電位面を示す略線図である。

図 12 は、本実施の形態により形成された準静電界の等電位面を示す略線図である。

図 13 は、電氣的漏洩の抑制の説明に供する略線図である。

図 14 は、他の実施の形態におけるカード装置の装着例を示す略線図である。

図 15 は、ノイズ吸収接地ラインの構成を示す略線図である。

図 16 は、他の実施の形態における改札機の構成（1）を示す略線かつブロック図である。

図 17 は、他の実施の形態における通信システムの電氣的な接続関係（1）を示す略線図である。

図 18 は、他の実施の形態におけるカード装置の構成を示す回路的ブロック図である。

図 19 は、他の実施の形態における改札機の構成（2）を示す略線かつブロック図である。

図 20 は、第 2 の実施の形態による通信システムの全体構成を示す略線図である。

図 21 は、音声再生装置の構成を示すブロック図である。

図 22 は、ヘッドホン装置の構成を示すブロック図である。

図 23 は、FDTD 手法によるシミュレーションを行うための人体モデル例を示す略線図である。

図 24 は、受信側の電極面積と電極間電位との関係を示す略線図である。

図 2 5 は、受信側の電極間距離と電極間電位との関係を示す略線図である。

図 2 6 は、送信側の電極面積と受信側の電極間電位との関係を示す略線図である。

図 2 7 は、送信側の電極間距離と受信側の電極間電位との関係を示す略線図である。

図 2 8 は、合成電解の電界強度と電界発生源からの距離との関係を示す略線図である。

図 2 9 は、誘導電磁界の電界強度と電界発生源からの距離との関係を示す略線図である。

図 3 0 は、印加電位と周波数との関係を示す略線図である。

図 3 1 は、設計手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下図面について本発明について詳述する。

(1) 本発明の概要

本発明は、電界を用いて情報を送受信する。以下、電界との関係において本発明の概要を述べる。

(1-1) 電界

一般に、電気双極子（ダイポールアンテナ）に電流を流した場合、当該アンテナからの距離 r に従って発生する電界 E は、次式

$$E_0 = A \left(\frac{1}{r^3} + \frac{j k}{r^2} + \frac{k^2}{r} \right)$$

但し、 A 、 j は定数、 k は波数

..... (1)

のように簡略化して表すことができる。

(1) 式に示されるように、電界 E は、距離 r の 3 乗に反比例する成分（以下、これを準静電界と呼ぶ）と、距離 r の 2 乗に反比例する成分（以下、これを誘導電磁界と呼ぶ）と、距離 r に線形に反比例する成分（以下、これを放射電界と呼ぶ）とに大別される。

放射電界は、距離 r に線形に反比例するだけである分、当該距離 r が長い場合であっても急速に減衰しない伝搬性に優れた成分であるため、従来における情報通信の分野では一般的な情報伝送媒体として用いられている。

誘導電磁界は、距離 r が長くなるとその 2 乗に反比例して減衰する伝搬性に乏しい成分であるが、近年における一部の情報通信の分野では情報伝送媒体として用いられている。

準静電界は、距離 r の 3 乗に反比例して急速に減衰するので伝搬性はなく、単に振動として振動源のごく近傍に現れるだけの成分であるため、放射電界や誘導電磁界を前提とした情報通信の分野では利用されていない。

本発明は、電界のうち準静電界を用いた近傍通信（以下、これを近接場通信と呼ぶ）手法により、ごく近傍の通信範囲内で情報を送受信するようになされている。

(1-2) 準静電界

かかる準静電界について更に詳しく述べる。まず、上述の (1) 式に表した電界 E を、図 1 に示すように、原点から所定間隔だけ離れた位置 $P(r, \theta, \phi)$ における電界として表してみる。

このとき距離 δ だけ離れた位置に電荷 q と、電荷 $-q$ とが存在し、時刻 t で電荷 q が「 $Q \cos \omega t$ 」と変化すると仮定した場合に、電荷 q の位置を原点とすると、位置 $P(r, \theta, \phi)$ における各電界 E_r 、 E_θ 及び E_ϕ は、次式

$$E_r = \frac{Q \cos \omega t \sigma \cos \theta}{2\pi\epsilon r^3} (1 + jkr) \exp(-jkr)$$

$$E_\theta = \frac{Q \cos \omega t \sigma \sin \theta}{4\pi\epsilon r^3} (1 + jkr + (jkr)^2) \exp(-jkr)$$

$$E_\phi = 0 \quad \dots\dots (2)$$

と表すことができる。

因みに、(2)式において電界 E_ϕ が「0」となるが、これは位置P(図1)から ϕ 方向には電界が発生しないことを意味している。

ここで、(2)式に表される電界 E_r 及び E_θ から、距離 r に線形に反比例する成分(即ち放射電界)を分離すると、位置P(r, θ, ϕ)における放射電界 E_{1r} 及び $E_{1\theta}$ は、次式

$$E_{1r} = 0$$

$$E_{1\theta} = \frac{Q \cos \omega t \sigma \sin \theta}{4\pi\epsilon r} (jk)^2 \exp(-jkr) \quad \dots\dots (3)$$

と表すことができ、また(2)式に表される電界 E_r 及び E_θ から、距離 r の2乗に反比例する成分(即ち誘導電磁界)を分離すると、位置P(r, θ, ϕ)に

における誘導電磁界 E_{2r} 及び $E_{2\theta}$ は、次式

$$E_{2r} = \frac{Q \cos \omega t \sigma \cos \theta}{2\pi\epsilon r^2} jk \cdot \exp(-jkr)$$

$$E_{2\theta} = \frac{Q \cos \omega t \sigma \sin \theta}{4\pi\epsilon r^2} jk \cdot \exp(-jkr)$$

..... (4)

と表すことができ、さらに (2) 式に表される電界 E_r 及び E_θ から、距離 r の 3 乗に反比例する成分 (即ち準静電界) を分離すると、位置 $P(r, \theta, \phi)$ における準静電界 E_{3r} 及び $E_{3\theta}$ は、次式

$$E_{3r} = \frac{Q \cos \omega t \sigma \cos \theta}{2\pi\epsilon r^3}$$

$$E_{3\theta} = \frac{Q \cos \omega t \sigma \sin \theta}{4\pi\epsilon r^3}$$

..... (5)

と表すことができる。

因みに (3) 式において放射電界 E_{1r} のみ「0」となるが、これは位置 P (図 1) から接線方向には放射電界が発生しないことを意味している。

次に、距離 r に関する放射電界、誘導電磁界及び準静電界における成分別電

界強度を表すために、かかる (3) 式～(5) 式のうち放射電界 $E_{1\theta}$ 、誘導電磁界 $E_{2\theta}$ 及び準静電界 $E_{3\theta}$ についてもう少し整理してみる。

すなわち、波数 k [m^{-1}] は、角周波数を ω とし、光速を c とすると、次式

$$k = \frac{\omega}{c} \quad \dots\dots (6)$$

に示す関係にあるので、波数 k を (6) 式に置き換えると共に、距離 r による周期的な電界強度変化に相当する「 $j \cdot \exp(-jkr)$ 」については議論の本質とはならないので取り除き、また電荷 q と電荷 $-q$ との時間的変化の最大時を扱うため「 $\cos \omega t$ 」を 1 とすると、次式

放射電界

$$E_{1\theta} = \frac{Q \sigma \sin \theta}{4\pi\epsilon r^3} \left[\frac{\omega}{c} r \right]^2$$

誘導電磁界

$$E_{2\theta} = \frac{Q \sigma \sin \theta}{4\pi\epsilon r^3} \cdot \frac{\omega}{c} r$$

準静電界

$$E_{3\theta} = \frac{Q \sigma \sin \theta}{4\pi\epsilon r^3}$$

$\dots\dots (7)$

となり、次いで、(7)式について距離 δ を1とし、電荷 $q (=Q)$ を0.001 [C]とし、 θ を $\pi/2$ として整理すると、次式

放射電界

$$E_{1\theta} = \frac{0.001}{4\pi\epsilon_0 r} \left(\frac{\omega}{c} \right)^2$$

誘導電磁界

$$E_{2\theta} = \frac{0.001}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \frac{\omega}{c}$$

準静電界

$$E_{3\theta} = \frac{0.001}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

..... (8)

となる。

かかる(8)式に基づいて放射電界 $E_{1\theta}$ 、誘導電磁界 $E_{2\theta}$ 及び準静電界 $E_{3\theta}$ における成分別電界強度を定性的にプロットした結果を図2及び図3に示す。

但し、図2及び図3においては、周波数1 [MHz]における成分別電界強度を示し、また図3においては、図2に示した成分別電界強度を指数(指数尺度)に置き換えて示している。

特に図3から明らかなように、放射電界 $E_{1\theta}$ 、誘導電磁界 $E_{2\theta}$ 及び準静電界 $E_{3\theta}$ における成分別電界強度の等しくなる距離 r (以下、これを境界点と呼ぶ)が存在しており、当該境界点よりも遠方では放射電界 $E_{1\theta}$ が支配的とな

り、これに対して境界点から近傍では準静電界 $E_3 \theta$ が支配的となっていることが分かる。

ところで境界点においては、上述の (8) 式よれば、次式

$$\frac{\omega}{c} \cdot r = 1 \quad \dots\dots (9)$$

となるときであり、光速 c は波長を λ とし、周波数を f とすると、次式

$$c = \lambda \cdot f \quad \dots\dots (10)$$

に示す関係にあり、一方、角周波数 ω は次式

$$\omega = 2 \pi f \quad \dots\dots (11)$$

に示す関係にあるので、(10) 式と (11) 式とを (9) 式に代入して整理すると、次式

$$r = \frac{\lambda}{2 \pi} \quad \dots\dots (12)$$

となる。

(12) 式によれば、原点から境界点までの距離 r については波長 λ によって異なり、図4に示すように、波長 λ が長いほど準静電界 $E_3 \theta$ が支配的となる範囲（原点から境界点までの距離 r ）は広くなる。

以上に述べたことをまとめてみると、空気の比誘電率 ϵ を 1 とし、空気中の

波長を λ として仮定した場合、原点からの距離 r が「 $r < \lambda / 2\pi$ 」である範囲内では、準静電界 E_3 は支配的となる。

本発明は、近接場通信手法により情報を送受信する際に、かかる(12)式を充足する範囲を選定することにより、準静電界 E_3 が支配的となる空間上で当該情報を送受信するようになされている。

(1-3) 準静電界と人体

ところで、人体に放射電界や誘導電磁界を発生させようとするならば当該人体に電流を流す必要があるが、人体はインピーダンスが非常に高いので、当該人体に電流を効率的に流すことは物理的に困難であり、また生理的にも好ましくない。しかしながら静電気については全く様相が異なってくる。

すなわち、日常我々が静電気を体感するという経験的事実からも示唆されるように、人体は非常に良く帯電する。また動作に応じた人体表面の帯電により準静電界が発生することも知られていることから、人体へ準静電界を発生させる場合には当該人体に通電する必要はなく帯電させればよい。

つまり、人体では極めて少ない電荷の移動(電流)により帯電し、当該帯電変化が瞬間的に人体表面周囲に伝わってその周囲からほぼ等方向へ準静電界の等電位面として形成されると共に、準静電界が支配的となる上述の(12)式を充足する範囲内では放射電界や誘導電磁界の影響も少ないのでアンテナとして効率的に機能する。このことは本出願人による実験結果により既に確認されている。

本発明は、近接場通信手法として、所定の情報に応じて人体を帯電させることにより当該人体近傍の周囲へ等方に形成される準静電界を変調し、その結果人体近傍に情報を有する準静電界を形成させて当該情報を送受信するようになされている。

このように本発明の概要としては、準静電界の性質と人体の性質とを利用したものであって、当該準静電界が支配的となる範囲内において当該人体を帯電させることによりアンテナとして作用させ、その結果人体近傍に形成される準静電界を情報伝送媒体として用いるようにするものであり、以下、本発明を適用した

一実施の形態について述べる。

(2) 第1の実施の形態

(2-1) 第1の実施の形態による通信システムの全体構成

図5において、1は全体として第1の実施の形態による通信システムの全体構成を示し、所定の駅に設けられた改札機2と、改札機2を利用する人体（以下、これを利用者と呼ぶ）の着衣のポケットに挿入されたカード形状でなる可搬型の装置（以下、これをカード装置と呼ぶ）3とによって構成される。

改札機2においては、利用者の通過経路として駅における所定の場所へ設置された入出用通路部4と、当該入出用通路部4の出口側へ開閉自在に設けられた出口扉5とを有し、当該入出用通路部4の入口側の側面には電極（以下、これを側面電極と呼ぶ）7が設けられている。

カード装置3は、一方の表面には電極（以下、これを内部電極と呼ぶ）8が設けられると共に、他方の表面にも電極（以下、これを外部電極と呼ぶ）9が設けられている。

かかる通信システム1は、入出用通路部4上を通過しようとする利用者のカード装置3を起動した後、当該カード装置3と改札機2との間で近接場通信し、必要に応じて閉鎖状態の出口扉5を開放するようになされている。

(2-2) 近接場通信

かかる通信システム1における近接場通信について、改札機2の内部構成と、カード装置3の内部構成とを示す図面を用いながら以下詳細に述べる。

(2-2-1) カード装置の起動

図6に示すように、改札機2の制御部20は、所定の通信処理プログラムに従って改札機2を統括的に制御するようになされており、予め情報格納メモリに格納された所定の通信クロックに基づいて経路切換器21の切換切片21aを送信用接続端21b又は受信用接続端21cに切り換えるようになされている。

送信部23は、通信クロックに基づく送信タイミングの際に、交流電源15に基づいて生成した所定の周波数でなる交流信号S1を経路切換器21を介して

側面電極 7 に与え、当該側面電極 7 を介して交流信号 S 1 に応じて振動する準静電界を発生する。

具体的に送信部 2 3 は、空気の比誘電率 ϵ を 1 とし、空気中の波長を λ とし、カード装置 3 と改札機 2 とが通信する際における外部電極 9 と側面電極 7 との間での最大の距離を r とし、交流信号 S 1 の周波数を f として上述の (12) 式に (10) 式を代入して整理すると、次式

$$f < \frac{c}{2\pi \cdot r} \quad \dots\dots (13)$$

を充足する周波数 f でなる交流信号 S 1 を生成して側面電極 7 に与えることにより、図 2 及び図 3 について上述したように、放射電界及び誘導電磁界を抑制した状態で、準静電界を側面電極 7 から発生し得るようになされている。

この状態において、側面電極 7 から発生される準静電界の内部に利用者が入ると（即ち、入出場通路部 4 上を利用者が通過しようとする）、当該準静電界内部の利用者は側面電極 7 の変位に応じて帯電することによりアンテナとして作用し、利用者表面周囲にはほぼ等方向へ当該変位に応じた準静電界（以下、これを交番準電界と呼ぶ）TD が広がる。

この場合、図 7 に示すように、利用者に携帯されるカード装置 3 の内部電極 8 は、当該利用者と静電結合してコンデンサ C 2 を形成し、その一方で外部電極 9 は、接地と結合してコンデンサ C 3 を形成すると共に、当該利用者を経由して側面電極 7（接地と等価電位でなる）と結合してコンデンサ C 1 を形成する。

この結果、図 8 に示すように側面電極 7、利用者、内部電極 8 及び外部電極 9 を順次経由してなる電氣的な経路が形成され、当該外部電極 9 は帯電する利用者を経由してカード装置 3 内の交流電源 15 の基準電位となる。これによりカード装置 3 における内部電極 8 と外部電極 9 との間には、帯電する利用者を経由して改札機 2 側の交流電源 15 の電圧が加わる。

このときカード装置 3 は、図 9 に示すように、内部電極 8 側の切換切片 3 1 a を受信用接続端 3 1 c に接続すると共に、外部電極 9 側の切換切片 3 1 b を受信用接続端 3 1 e に接続しており、外部電極 9 及び内部電極 8 間に生じる交流信号（電流）S 1 を整流回路 3 3 により全波整流し、その結果得られる直流電流 S 2 を平滑コンデンサ H C に電力として蓄積する。

電源制御部 3 2 は、平滑コンデンサ H C に蓄積される電力が所定の電圧レベルにまで達したことを検出するとカード装置 3 を起動するようになされている。

このようにして通信システム 1 においては、利用者を帯電させることにより巨大なアンテナ（電極）として機能する当該利用者からカード装置 3 の電力を得るようにしたことにより、改札機 2 側からの電力供給を補助することができると共に、カード装置 3 側では、内部電極 8 及び外部電極 9 の電極面積に依存することなくかつ電池を設けることもなく電力を得ることができるようになされている。

かくするにつき、通信システム 1 では、改札機 2 からカード装置 3 への電力供給の効率化を図りつつ、システム全体及びカード装置 3 自体の小型化を図ることができるようになされている。

一方、カード装置 3 は、改札機 2 から与えられる交流信号 S 1 の周波数 f に基づいて、クロックジェネレータ 3 4 により改札機 2 側の通信クロックに対応する同期クロック S 3 を生成し、これを制御部 3 0 に与える。

制御部 3 0 は、所定の通信処理プログラムに従ってカード装置 3 を統括的に制御するようになされており、クロックジェネレータ 3 4 から与えられる同期クロック S 3 に基づいて経路切換器 3 1 の切換切片 3 1 a 及び 3 1 b を切り換える。

因みに制御部 3 0 は、同期クロック S 3 に基づく送信タイミングの際には切換切片 3 1 a を送信用接続端 3 1 d に接続すると共に切換切片 3 1 b をアース接続端 3 1 f に接続し、これに対して受信タイミングの際には切換切片 3 1 a を受信用接続端 3 1 c に接続すると共に切換切片 3 1 b を受信用接続端 3 1 e に

接続するようになされている。

(2-2-2) カード装置から改札機への近接場通信

制御部 30 は、同期クロック S3 に基づく送信タイミングの際に、例えば駅を入出場する際の駅名や料金情報等、利用者の入出場の可否を識別する識別情報 S4 を内部の情報格納メモリ (図示せず) から読み出し、これを送信部 35 に与える。

送信部 35 は、平滑コンデンサ HC に蓄積された電力に基づいて改札機 2 側と同一の周波数でなる交流信号を生成し、当該交流信号に対して所定の変調方式に従った変調処理を施して識別情報 S4 を重畳し、その結果得られる識別信号 S5 を経路切換器 31 を介して内部電極 8 と外部電極 9 との間に与える。

この場合、内部電極 8 は識別信号 S5 の周波数に応じて振動し、当該振動に応じた準静電界 (識別信号 S5) を発生する。この結果、利用者は内部電極 8 の振動に応じて帯電し、当該利用者周囲にはほぼ等方へ当該振動に応じて識別信号 S5 の有する準静電界 (以下、これを情報伝送準静電界と呼ぶ) DTD が形成される。

この場合、図 7 及び図 8 について上述した場合と同様の作用により、利用者と側面電極 7 とが結合し、情報伝送準静電界 DTD は、側面電極 7 で検出されるようになされている。

このようにして送信部 35 においては、(12) 式について上述したように放射電界及び誘導電磁界を抑制した空間上で、内部電極 8 から発生する準静電界 (識別信号 S5) に応じて利用者の帯電状態を変化させることにより当該利用者をアンテナとして作用させ、情報伝送準静電界 DTD を形成し得るようになされている。

このとき改札機 2 (図 6) では通信クロックに基づく受信タイミングとなっており、電界効果トランジスタ (以下、これを FET と呼ぶ) 28 は、側面電極 7 により検出された情報伝送準静電界 DTD の強度変位を当該 FET 28 のゲートを介して電位変化として検出し、これをアンプ (図示せず) を介して識別信号

S 6として受信部 2 4に与える。

受信部 2 4は、識別信号 S 6に対して所定の復調方式に従って復調処理を施すことにより識別情報 S 7を抽出し、これを制御部 2 0の通過判定部 2 5に与える。

通過判定部 2 5は、受信部 2 4から識別情報 S 7を受けると、当該識別情報 S 7と、予め情報格納メモリに格納された判定情報とに基づいて所定の判定処理を実行し、入出用通路部 4 (図 5)を通過しようとする利用者を通すべきか否かを判定する。

そして通過判定部 2 5は、利用者を通すべき肯定結果を得た場合には通過許可命令を出口扉制御部 2 6及び情報提供部 2 7に与え、これに対して当該利用者を通すべきではない否定結果を得た場合には通過不許可命令を出口扉制御部 2 6及び情報提供部 2 7に与える。

出口扉制御部 2 6は、通過判定部 2 5から通過許可命令を受けた場合には入出用通路部 4 (図 5)の出口扉 5を開放することにより当該利用者を通し、これに対して通過判定部 2 5から通過不許可命令を受けた場合には入出用通路部 4の出口扉 5を閉塞状態のまま維持することにより当該利用者の通過を阻止するようになされている。

(2-2-3) 改札機からカード装置への近接場通信

情報提供部 2 7は、通過判定部 2 5から通過許可命令又は通過不許可命令を受けると、当該通過許可又は通過不許可やその他利用者に通知する通知情報 S 8を生成した後、通信クロックに基づく送信タイミングの際に通知情報を送信部 2 3に与える。

送信部 2 3は、交流信号 S 1に対して所定の変調方式に従った変調処理を施して通知情報 S 8を重畳し、この結果得られる通知信号 S 9を経路切換器 2 1を介して側面電極 7に与え、当該通知信号 S 9に応じて振動する準静電界を側面電極 7から発生する。

これにより送信部 2 3においては、図 7及び図 8で上述したような準静電界

の誘導により、放射電界及び誘導電磁界を抑制した空間上で、側面電極 7 から発生する準静電界（通知信号 S 9）に応じて利用者の帯電状態を変化させて当該利用者をアンテナとして作用させ、利用者近傍に情報伝送準静電界 D T D を形成し得るようになされている。

このときカード装置 3（図 9）では同期クロック S 3 に基づく受信タイミングとなっており、内部電極 8 は利用者近傍に形成される情報伝送準静電界 D T D を検出し、F E T 3 7 は、内部電極 8 により検出された情報伝送準静電界 D T D の強度変位を当該 F E T 3 7 のゲートを介して電位変化として検出し、これをアンプ（図示せず）を介して通知信号 S 9 として受信部 2 4 に与える。

受信部 2 4 は、通知信号 S 9 に対して所定のパルス変調方式により復調処理を施すことにより通知情報 S 1 0 を抽出し、これを制御部 3 0 に与える。

このとき制御部 3 0 は、例えば通知情報 S 1 0 に基づいてその内容を表示部（図示せず）を介して表示することにより、当該内容を利用者に通知するようになされている。

このように改札機 2（カード装置 3）は、通信クロック（同期クロック S 3）に基づいて送信経路と受信経路とを交互に切り換えて情報を送受信する半 2 重方式を実行することにより、側面電極 7（内部電極 8）を介して送信した通知信号 S 9（識別信号 S 5）を、当該側面電極 7（内部電極 8）を介して受信してしまうこと（いわゆる回り込み）を回避し得るようになされている。

この場合、改札機 2（カード装置 3）は、1つの側面電極 7（内部電極 8）で、利用者を帯電させる帯電誘導電極としての機能と、カード装置 3（改札機 2）によって変化させられた利用者の帯電状態の変化を検出する検出電極としての機能とを兼用することができ、その分だけ小型化できるようになされている。

さらに、改札機 2 は、1つの交流信号 S 1 を電力供給用又は情報通信用として兼用することにより、当該電力供給用の信号に係る送信用電極と情報通信用信号の送信用電極とを別々に設けることなく 1つの側面電極 7 で共用することができ、その分小型化し得るようになされている。

(2-3) 近接場通信における補助手段

かかる構成に加えて、通信システム1においては、図10に示すように、入出用通路部4の床面（以下、これを経路床面と呼ぶ）Y1をアース（以下、これを建物床面と呼ぶ）Y2へ接地せずに、当該建物床面Y2から所定の空間 d_x （空隙）だけ隔てた状態で、経路床面Y1を設けるようになされている。

この場合、経路床面Y1と建物床面Y2との間における空間 d_x の分だけ利用者の足と建物床面Y2との間の静電容量を、当該利用者と側面電極7との間の静電容量よりも小さくすることができ、当該利用者足元から建物床面Y2への情報伝送準静電界DTD（交番準電界TD）の漏洩を抑制し得るようになされている。

これに加えて例えば建物床面Y2における鉄骨同士の接合面の隙間や、当該鉄骨の錆による電氣的に不安定な状態から生じる放電ノイズ等、建物床面Y2の不整合により生じるノイズ（以下、これを環境ノイズと呼ぶ）KNが、経路床面Y1から利用者へ誘導されることをも回避し得るようになる。

従って通信システムでは、利用者を帯電させた際に、当該帯電変化が瞬間的に利用者表面周囲に伝わってその周囲からほぼ等方向へ形成される情報伝送準静電界DTD（交番準電界TD）の等電位面を、一段と安定した状態で形成させることができ、かくして、近接場通信の安定化を図り得るようになされている。

このことは人体が理想的なもののダイポールアンテナとして機能した際の準静電界の等電位面を示す図11と、本実施の形態による実験結果を示す図12とを比較すれば視覚的にも分かる。

さらに、通信システム1の改札機2は、図13に示すように、側面電極7からFET28を介して受信部24までにわたる経路の途中での信号の漏洩を抑制するようになされており、具体的には第1にFET28とは電氣的に分離した状態で当該FET28の周囲を覆う導体の筐体28Aを設け、第2に当該受信経路における接地を受信部24だけにする。

また改札機2は、かかる漏洩を抑制する手段として、第3にFET28と接地

との間における静電容量 $SC1$ を、当該 $FET28$ から受信部 24 を介して接地するまでの間における静電容量 $SC2$ に比して低減するようになされており、例えば $FET28$ と接地との間隔（高さ）を大きくする。

これにより改札機 2 は、側面電極 7 により検出された情報伝送準静電界 DTD （交番準電界 TD ）を $FET28$ を介して受信部 24 にまで効率よく誘導することができ、かくして、利用者に形成される情報伝送準静電界 DTD （図 5）を感度良く受信することができるようになされている。

（2-4）動作及び効果

以上の構成において、通信システム 1 においては、準静電界の性質と利用者（人体）の性質とを利用し、利用者を帯電させることによりアンテナとして作用させ、この結果利用者近傍に形成される準静電界を情報伝送媒体として用いるようにした。

具体的に通信システム 1 においては、図 6 及び図 9 で上述したように、カード装置 3（改札機 2）側では識別情報 $S4$ （通知情報 $S8$ ）に応じて変調した識別信号 $S5$ （通知信号 $S9$ ）に応じた準静電界を内部電極 8（側面電極 7）から発生することにより利用者を帯電させ、改札機 2（カード装置 3）では利用者近傍へ等方に形成される情報伝送準静電界 DTD （図 5）の強度の変位を側面電極 7（内部電極 8）及び $FET28$ （ $FET37$ ）を順次介して検出し、当該検出結果に基づいて識別情報 $S4$ （通知情報 $S8$ ）を復調するようにした。

従って通信システム 1 では、極めて良好に帯電する利用者をアンテナとして、識別信号 $S5$ （通知信号 $S9$ ）に応じて当該利用者表面からほぼ等方へ広がる情報伝送準静電界 DTD を形成させることができ、またカード装置 3 における保持の仕方や装着の仕方等に依存することなく、カード装置 3 における内部電極 8 の利用者への接触又は非接触に依存することなく送受信することができる。

また通信システム 1 では、帯電する利用者をアンテナとして作用させるので、当該利用者の動作に係わらず利用者表面からその周囲等方へ広がる情報伝送準静電界 DTD を形成させることもでき、従って通信の際に所定の動作を利用者に強

要させることなく情報を送受信することもできる。

さらに通信システム 1 では、帯電する利用者をアンテナとして作用させ、その結果利用者近傍に形成される非伝搬性の情報伝送準静電界 $D T D$ を介して情報を送受信するので、他の電波（誘導電磁界又は放射電界）との混信を回避することができると共に、当該通信空間外からの傍受を回避して通信内容の秘匿性を確保することができる。

このように通信システム 1 では、従来のように送受信用の電極間に介在させる利用者を媒質として扱うのではなくアンテナとして作用させるようにしたことにより、利用者近傍において方向性の制約もなく秘匿性を確保した状態で、かつ利用者に所定の動作を強要もせずに情報の送受信を実現することができる。

かかる構成に加えて、通信システム 1 では、(12) 式について上述したように、最大の距離 r と、当該側面電極 7 に与える信号の周波数 f との関係として、上述の (13) 式を充足するように選定している。

従って通信システム 1 においては、入出用通路部 4 上を通過しようとする利用者をアンテナとして作用させて近接場通信する際には、当該通信空間を常に非伝搬性の準静電界 $E 3 \theta$ が支配的となる空間（実質的に閉じた空間）として形成することができ、その結果、当該通信空間外に通信内容が伝わらない程度に通信出力を弱めることができ、通信内容の秘匿性を一段と確保することができるようになされている。

以上の構成によれば、通信システム 1 においては、準静電界の性質と利用者の性質とを利用し、当該利用者を帯電させることによりアンテナとして作用させ、その結果利用者近傍に形成される準静電界 $D T D$ を情報伝送媒体として用いるようにしたことにより、利用者近傍において方向性の制約もなく秘匿性を確保した状態で、かつ利用者に所定の動作を強要もせずに情報の送受信を実現することができ、かくして、準静電界を用いた通信の際における自由度を向上することができる。

(2-5) 他の実施の形態

上述の第 1 の実施の形態においては、第 1 の通信装置としてのカード装置 3 を利用者の着衣のポケットに挿入するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、図 14 に示すように腕に装着するようにしても良く、或いは携帯電話機や歩数計内に組み込みんだり、鞆に入れる等、上述したようにカード装置 3 における保持の仕方や装着の仕方等に依存することなく、カード装置 3 における内部電極 8 の利用者への接触又は非接触に依存することなく送受信人体の近傍に設けることができるので、要は利用者の近傍にあれば良い。

また上述の第 1 の実施の形態においては、カード装置 3 をカード形状とするようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の形状にすることができる。

さらに上述の第 1 の実施の形態においては、建物床面 Y 2 (図 10) から所定の空間 $d x$ だけ隔てて経路床面 Y 1 を入出用通路部 4 に設けるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、当該経路床面 Y 1 と建物床面 Y 2 との間に比誘電率の低い部材を充填するようにしても良い。

この場合、経路床面 Y 1 と建物床面 Y 2 との間に充填される部材の比誘電率を ϵ とし、当該経路床面 Y 1 と建物床面 Y 2 との間における隙間を $d x$ とし、真空の誘電率を ϵ_0 とし、利用者の足裏面積を S とすると、利用者の足と建物床面 Y 2 との間の静電容量 $C Y 2$ は、次式

$$C Y 2 = \epsilon_0 \cdot \epsilon \frac{S}{d x} \quad \dots\dots (14)$$

の関係に近似するので、かかる関係を考慮して経路床面 Y 1 と建物床面 Y 2 との間における距離 $d x$ と、経路床面 Y 1 と建物床面 Y 2 との間に充填する部材との比誘電率を ϵ を選定すれば、利用者と側面電極 7 との間の静電容量よりも利用者の足と建物床面 Y 2 との間の静電容量 $C Y 2$ を確実に小さくすることができ、か

くして、当該利用者足元から建物床面 Y 2 への情報伝送準静電界 D T D（交番準電界 T D）の漏洩を一段と抑制して近接場通信の安定化をより一層図ることができる。

また上述の実施の第 1 の形態においては、識別対象と建物床面との電氣的結合を抑制する結合抑制手段として、建物床面 Y 2（図 1 0）から所定の空間 d x だけ隔てて経路床面 Y 1 を入出用通路部 4 に設けるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、図 1 6 に示すように、経路床面 Y 1 に敷設され、当該建物床面 Y 2 に接地されたノイズ吸収接地ライン 4 0 を設けるようにしても良い。

この場合、上述の第 1 の実施の形態と同様に、建物床面 Y 2 の不整合により生じるノイズ（以下、これを環境ノイズと呼ぶ）K N が、経路床面 Y 1 から利用者へ誘導されることをも回避でき、近接場通信の安定化を図ることができる。また経路床面 Y 1（図 1 0）と建物床面 Y 2 との間に空間 d x を設けると共にノイズ吸収接地ライン 4 0 を設けるようにすれば、近接場通信の安定化を一段と図ることができる。

さらに上述の第 1 の実施の形態においては、検出電極及び電力供給用電極としての側面電極 7 によって 1 つの交流信号 S 1 を電力供給用の信号又は搬送用の信号として兼用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、当該電力供給用としての電極と、情報通信用としての電極とを別々に設けるようにしても良い。

具体的には図 6、図 8 及び図 9 の対応する部分にそれぞれ同一符号を付した図 1 6、図 1 7 及び図 1 8 に示すように、改札機 2 では、入出用通路部 4 の入り口側の内側面に側面電極 7 とは別に電力供給用電極 5 1 を新たに設けると共に、当該電力供給用電極 5 1 と接地との間に交流電源 1 5 を設け、側面電極 7 については近接場通信の際にのみ用いるようにする。またカード装置 3 では、経路切換器 3 1 に代えて、一方の表面に受信用内部電極 5 2 と送信用内部電極 5 3 とを設けると共に、他方の表面に受信用外部電極 5 4 と送信用外部電極 5 5 とを設ける

。このようにして改札機 2 とカード装置 3 との間における電力供給用の経路と、情報通信用の経路とを別々に送受信するようにしても、上述の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

さらに上述の第 1 の実施の形態においては、検出電極としての側面電極 7 により検出された利用者の帯電状態の変化（情報伝送準静電界 DTD）を、検出手段としての FET 28 により識別情報 S7 として検出し、復調手段としての受信部 24 により識別情報 S7 を復調するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、当該情報伝送準静電界 DTD のインピーダンスの変化を測定することにより識別情報 S7 を復調するようにしても良い。

具体的には図 6 の対応する部分にそれぞれ同一符号を付した図 19 に示すように、改札機 2 は、送信部 23 により、交流電源 15 に基づいて生成した所定の周波数でなる交流信号 S1 を経路切換器 21 を介して側面電極 7 に与えて準静電界を発生する。このとき復調手段及びインピーダンス測定手段としての受信部 60 は、このようにすれば、上述の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

さらに上述の第 1 の実施の形態においては、検出手段としての FET 28 又は 37 により利用者の帯電変化を識別信号 S6（通知信号 S9）として検出するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、例えば誘導電圧に誘起された電圧をトランジスタや FET で構成されるものによって測定する誘導電極型電界強度計や、誘導電極から得られる直流信号をチョッパ回路や振動容量等を用いて交流変換する誘導電極型変調増幅方式電界強度計や、電気光学効果を有する物質に電界を加えることにより当該物質内に生じる光伝播特性の変化を測定する電気光学効果型電界強度計、またカード装置 3 に限ってはエレクトロメータ、シャント抵抗型電界強度計又は集電型電界強度計等、この他種々の検出手段によって利用者の帯電変化を検出するようにしても良い。

さらに上述の実施の第 1 の形態においては、変調手段及び電力供給手段としての送信部 23 により交流信号 S1 を常時側面電極 7 に与えるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、利用者が入出用通路部 4 に近づいてき

た際に当該歩行運動に応じて利用者に形成される電界変位を検出電極としての側面電極 7 により検出している間のみ交流信号 S 1 を側面電極 7 に与えるようにしても良い。

具体的に改札機 2 は、制御部 20 の制御の基、入出用通路部 4 (図 5) を通過しようとする利用者を検出するまでは経路切換器 21 の切換切片 21 a を受信用接続端 21 c に接続しておき、入出用通路部 4 に近づいてくる利用者に形成されている歩行準電界変位を側面電極 7 及び FET 28 を順次介して検出し、当該検出結果を送信部 23 に送出したとき、制御部 20 により切換切片 21 a を送信用接続端 21 b に接続して交流信号 S 1 を側面電極 7 に与える。一方、改札機 2 は、入出用通路部 4 を遠ざかる利用者に形成されている歩行準電界変位を側面電極 7 及び FET 28 を順次介して検出できず、当該検出結果を送信部 23 に送しなくなったとき、制御部 20 により切換切片 21 a を再び受信用接続端 21 c に接続すると共に交流信号 S 1 の側面電極 7 への供給を停止する。このようにすれば、改札機 2 は、利用者の歩行による歩行準電界変位 (帯電) を側面電極 7 により検出している間以外には交流信号 S 1 を側面電極 7 に与えない分だけ、上述の実施の形態に比して一段と省エネルギー化を図ることができる。

さらに上述の第 1 の実施の形態においては、利用者の近傍に設けられた可搬型でなる第 1 の通信装置としてのカード装置 3 と、所定の制御対象物に設けられた第 2 通信装置としての改札機 2 との間で近接場通信するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、当該一方の利用者に設けられたカード装置 3 と、他方の利用者に設けられたカード装置 3 との間で当該一方及び又は他方の利用者を経由して近接場通信するようにして良い。この場合、一方の利用者に設けられたカード装置 3 から他方の利用者に設けられたカード装置 3 までに経由する際の利用者 (人体) の経由人数は何人であっても良い。このようにしても上述の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

さらに上述の第 1 の実施の形態においては、所定の制御対象物に設けられた第 2 の通信装置として改札機 2 を本発明に適用するようにした場合について述べ

たが、本発明はこれに限らず、例えばビデオテープレコーダ、テレビジョン装置、携帯電話機又はパーソナルコンピュータ等の電子機器や、医療機器、車、机、その他制御を目的とする制御対象物又はその近傍に設けられた第2の通信装置を本発明に幅広く適用することができる。この場合、上述の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

さらに上述の第1の実施の形態においては、識別対象として人体を本発明に適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ほ乳類又は虫類あるいは植物等の生体、さらには所定の導電性の物、その他識別を目的とする帯電性を有する対象を識別対象として本発明に幅広く適用することができる。

さらに上述の第1の実施の形態においては、通信経路としての入出用通路部4への入出場の際に必要な応じて出口扉5を開放する通信システム1に本発明を適用するようにした場合について述べたが、これに限らず、例えば会社の入出用通路への入出場の際に必要な応じて扉を開放する通信システム、机の近傍を通信経路とし当該机に近づいた際に必要な応じて机の扉を開放する通信システム、パーソナルコンピュータの近傍を通信経路とし当該パーソナルコンピュータに近づいた際に必要な応じて電源をオン状態にする通信システム、所定の識別対象物を搬送する搬送路を通信経路とし所定の位置へ当該識別対象物が搬送された際に必要な応じて搬送路を切り換える通信システム等、要は、人体を情報に依りて帯電させてアンテナとして作用させ、当該人体近傍に形成される準静電界を情報伝達媒体として情報を送受信する通信システムであれば、この他種々の用途でなる通信システムに本発明を幅広く適用することができる。

(3) 第2の実施の形態

(3-1) 第2の実施の形態による通信システムの全体構成

図20において、100は全体として第2の実施の形態による通信システムを示し、人体の着衣における尻ポケットに挿入された音声再生装置102と、当該人体の頭部に装着されたヘッドホン装置103とによって構成される。

この音声再生装置102はカード形状でなり、当該音声再生装置102の内部

には、送信電極 105 a と、当該送信電極 105 a と対をなす参照電極 105 b とからなる平行平板電極部（以下、これを送信電極部と呼ぶ）105 が設けられている。

この場合、音声再生装置 102 は、音声記憶媒体から音声信号を再生し、当該再生した音声信号に応じて変調した準静電界を送信電極部 105 から発生することにより人体を帯電させるようになされている。

一方、ヘッドホン装置 103 は、ヘアバンド部 103 A と、当該ヘアバンド部 103 A の先端に設けられた 1 対のイヤパッド部 103 L、103 R とによって構成される。そしてこのヘアバンド部 103 A には、その略中心位置に受信電極 106 a と、当該受信電極 106 a と対をなす参照電極 106 b とからなる平行平板電極部（以下、これを受信電極部と呼ぶ）106 が設けられている。

この場合、ヘッドホン装置 103 は、音声再生装置 102 によって帯電させられた人体の帯電状態の変化を受信電極部 106 付近の電界の変化、具体的には受信電極部 106 の電極 106 a、106 b 間の電位差として検出し、この結果得られる音声信号を復調した後、当該音声信号に基づく音声をイヤパッド部 102 L、102 R に内蔵されるスピーカ（図示せず）から出力するようになされている。

このようにしてこの通信システム 100 は、音声再生装置 102 の送信電極部 105 から発生させた準静電界をヘッドホン装置 103 の受信電極部 106 の電極 106 a、106 b 間の電位差として検出するようにして、音声信号を人体を経由して近接場通信することができるようになされている。

ここで、上述の第 1 の実施の形態では、人体に設けられた電極（内部電極 8）と、所定の場所（入出場通路部 4 上）に設けられた電極（側面電極 7）との双方の電極間の電位差を利用して近接場通信したが、当該人体を経由して受信側の装置に到達する信号と、空中に形成された電界を経由して受信側の装置の電極から受信される信号との位相が物理的に逆となるため、相互に打ち消しあう結果、当該信号を受信できないことがあった。

特に送信側において、準静電界と比較して距離に対して減衰しにくい誘導電磁界や放射電界は、送信電力の無駄であり、また近接場通信の特徴である「遠隔には伝わりにくい」というメリットが得られなくなる。

そこでこの実施の形態の場合、通信システム100においては、放射電界及び誘導電磁界がノイズフロアレベル以下となるように、かつ使用を想定した位置での受信電極部106の電極106a、106b間の電位差がプリアンプ121で検出可能なレベルを上回るように、送信機としての音声再生装置102及び受信機としてのヘッドホン装置103が設計されている。

これによりこの通信システム100は、送受信機（音声再生装置102及びヘッドホン装置103）による近接場通信に要するエネルギーを最適化することができると共に、不要伝播を抑制して空間分解能を向上させ、通信時の安定化を図ることができるようになされている。

(3-2) 音声再生装置の構成

音声再生装置102は、図21に示すように、音声再生部111、変調部112、増幅アンプ113及び送信電極部105によって構成される。

この送信電極部105は、後述する送受信機の設計手法に従って選定された電極構造（電極形状、電極面積及び電極間距離）でなり、具体的には発生される電界の誘導電磁界成分が通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、基準周波数に応じた電極構造に形成されている。

音声再生部111は、図示しない装填部に装填された音声記憶媒体から音声信号S1を再生し、当該再生した音声信号S1を変調処理部112に送出する。

変調処理部112は、信号供給部112a及び変調部112bを有し、この信号供給部112aでは、送信電極部105に印加する電圧信号の電位として、予め規定された発信周波数（使用周波数）に対応する電位が設定されている。

そして信号供給部112aは、このとき規定された発信周波数かつ電位でなる電圧信号を所定のタイミングで変調部112bに与えるようになされており、変調部112bは、電圧信号に対して所定の変調方式に従った変調処理を施して音

声信号S 1を重畳し、この結果得られる変調信号S 2を増幅アンプ1 1 3を介して送信電極部1 0 5の送信電極1 0 5 aに印加するようになされている。

この場合、送信電極1 0 5 aは変調信号S 2の発信周波数に応じて振動し、当該振動に応じて発生する準静電界に対応して人体が帯電し、この結果、人体周囲にはほぼ等方へ当該振動に応じた準静電界が形成されることとなる。

このようにして音声再生装置1 0 2は、人体を経由して情報（音声信号）を送信することができるようになされている。

（3－3）ヘッドホン装置の構成

ヘッドホン装置1 0 3は、図2 2に示すように、受信電極部1 0 6、プリアンプ1 2 1、復調部1 2 2、音声増幅部1 2 3（1 2 3 L、1 2 3 R）及びスピーカ1 2 4（1 2 4 L、1 2 4 R）によって構成される。

この受信電極部1 0 6は、後述する送受信機の設計手法に従って選定された電極構造であり、具体的には発生される電界の誘導電磁界成分が通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、電極面積に依存することなく、基準周波数に応じた電極間距離に形成されている。

プリアンプ1 2 1は、受信電極部1 0 6の電極1 0 6 a、1 0 6 b間の電位差を検出し、これを変調信号S 2として復調部1 2 2に送出する。なお、一般にプリアンプの入力信号は微弱であるので、このプリアンプ1 2 1は、入力抵抗が高いものを用いると良い。

復調部1 2 2は、復調部1 2 2から供給される変調信号S 2に対して所定の復調方式に従って復調処理を施すことにより音声信号S 1を生成し、これを音声増幅部1 2 3（1 2 3 L、1 2 3 R）を介してスピーカ1 2 4（1 2 4 L、1 2 4 R）に送出する。

この結果、この音声信号S 1に基づく音声がスピーカ1 2 4（1 2 4 L、1 2 4 R）から出力されることとなる。

このようにしてヘッドホン装置1 0 3は、音声再生装置1 0 2から送信される音声信号S 1に基づく音声を放音することができるようになされている。

(3-4) 送受信機的设计手法

次に、送信機としての音声再生装置102及び受信機としてのヘッドホン装置103の設計手法について説明する。

(3-4-1) 設計パラメータ

まず、送受信機（音声再生装置102及びヘッドホン装置103）を設計する際の設計パラメータについて説明する。

この送受信機においては、(A) 送信電極部105から発生される誘導電磁界をノイズフロア以下に抑えること、(B) 受信機（ヘッドホン装置103）に搭載されるプリアンプ121（図16）自体のノイズよりも受信電極部106の各電極106a、106b間の電位が高く得られることを指針（以下、これを設計指針と呼ぶ）として設計される。

かかる設計指針を充足するように送受信機を設計する場合、設計前処理として、重要度の高いものから順に、(a) 発信周波数及び通信帯域、(b) 送信電極部105における電極面積（その形状も含む。以下同じ）及び電極間距離と、受信電極部106における電極面積及び電極間距離、(c) 人体に配置する送信電極部105及び受信電極部106の位置、(d) プリアンプ121の各種設計パラメータの選定が行われる。

實際上、これら(a)～(d)の各種設計パラメータの選定には、例えば通信システムの用途や、当該通信時に用いる通信アプリケーション、さらには音声再生装置102（ヘッドホン装置103）において送信電極部105（受信電極部106）を搭載し得る空間面積等の諸事情（以下、これを設計事情と呼ぶ）が考慮されることになる。

(3-4-2) 受信電極部における電極間電位

次に、受信電極部106における受信電極106a、参照電極106b間に生じる電位（以下、これを電極間電位と呼ぶ）について説明する。

この受信電極部106における電極間電位はいわば通信性能を意味する重要な要素であり、当該電極間電位について、FDTD手法（Finite Diff

erence Time Domain: 電磁気の基本方程式であるMaxwell方程式を差分化(Finite Difference)し、時間領域(Time Domain)で解く手法)によりシミュレーションしてみた。

具体的には図23に示すように、人体モデルに対して、送信電極部105を尻ポケットに相当する位置に配置すると共に、受信電極部106を頭頂部に相当する位置に配置した状態において、送信電極部105の電極間に100 [MHz]で1 [V]の電圧を印加することを前提とし、その他各種条件の下でシミュレーションした。このシミュレーション結果を図24～図27に示す。

図24は、受信電極部106の電極面積と、受信電極部106の電極間電位との関係を示したものであり、このとき送信電極部105の電極面積は 8×4 [cm²]、送信電極部105の電極間距離は2 [cm]、受信電極部106の電極間距離は1 [cm]でそれぞれ固定とした。

この図24からも明らかなように、受信電極部106の電極面積が変わっても、当該電極間電位はほぼ一定であることが分かる。このことは、送受信機を設計する際に受信機側の受信電極部106の電極面積を小さくしても、通信時の安定化を図り得ることを意味する。

また図25は、受信電極部106の電極間距離と、受信電極部106の電極間電位との関係を示したものであり、このとき送信電極部105の電極面積は 8×4 [cm²]、送信電極部105の電極間距離は2 [cm]、受信電極部106の電極面積は 4×4 [cm²]でそれぞれ固定とした。

この図25からも明らかなように、受信電極部106の電極間距離を d_R [m]とし、受信電極部106の電極間電位を V_R [V]とすると、当該電極間距離 d_R と電極間電位 V_R とは、次式

$$V_R(d_R) = 0.0005 \cdot d_R \quad \dots\dots (15)$$

の関係にあることが分かる。

さらに図26は、送信電極部105の電極面積と、受信電極部106の電極間電位との関係を示したものであり、このとき送信電極部105の電極間距離は2 [cm]、受信電極部106の電極面積は4×4 [cm²]、受信電極部106の電極間距離は1 [cm] でそれぞれ固定とした。

この図26からも明らかなように、受信電極部106の電極間電位は、送信電極部105の電極面積に比例することが分かる。

さらに図27は、送信電極部105の電極間距離と、受信電極部106の電極間電位との関係を示したものであり、このとき送信電極部105の電極面積は8×4 [cm²]、受信電極部106の電極面積は4×4 [cm²]、受信電極部106の電極間距離は1 [cm] でそれぞれ固定とした。

この図27からも明らかなように、受信電極部106の電極間電位は、送信電極部105の電極間距離に比例することが分かる。

以上のシミュレーション結果（図24～図27）より、受信電極部106の電極間電位 V_R [V] は、受信電極部106の電極間距離を d_R [m]、送信電極部105の電極面積を A_S [m²]、送信電極部105の電極間距離を d_S [m]、送信電極部105の送信電極105a、参照電極105b間に印加する電位（以下、これを印加電位と呼ぶ）を V_S [V] とすると、次式

$$V_R = \alpha \times V_S \times A_S \times d_S \times d_R \quad \dots\dots (16)$$

と表すことができる。

この(16)式において受信電極部106の電極面積が考慮されていない理由は、図24に示したように、受信電極部106の電極間電位 V_R [V] は、当該電極面積に依存しないからである。

またこの(16)式において定数 α は、送信電極部105の印加電位に対する受信電極部106の電極間電位の傾きであって、設計事情を考慮して選定された(b)及び(c)の設定パラメータに依存する定数（以下、これをパラメータ依

存定数と呼ぶ)である。

なお、送信電極部105における印加電位 V_s は、周波数 f に依存するため、(16)式は、実際には次式

$$V_a(f) = \alpha \times V_s(f) \times A_s \times d_s \times d_R$$

となる。

このように受信電極部106における電極間電位は、送信電極部105の印加電位に対する、(b)の設計パラメータに応じた相対的な電位として、(17)式のように定式化することができる。

(3-4-3) パラメータ依存定数の決定

従って、このパラメータ依存定数 α は、(b)及び(c)の設定パラメータが選定されていれば、図23で示したようなシミュレーションを所定の電界シミュレータによって実行することにより決定することができる。

すなわち、電磁界シミュレータにおいて人体モデルと、(b)及び(c)の設計パラメータの内容とをそれぞれ定義し、この後、送信電極部105の電極105a、105b間をある周波数でなる所定振幅の信号により励振させることにより、このとき受信電極部106に生じる電極間電位 $V_R(f)$ をシミュレーションにより計算させる。

この状態において(17)式におけるパラメータ依存定数 α 以外はすべて既知となっているため、当該既知の値を(17)式に代入してパラメータ依存定数 α を求めることができる。

因みに、図24～図27におけるシミュレーションでの各種条件として、送信電極部105の電極面積 A_s が 8×4 [cm²]、送信電極部105の電極間距離 d_s が2 [cm]、受信電極部106の電極間距離 d_R が2 [cm]、送信電極部105に印加する電位 $V_s(f)$ がある単一周波数でなる1 [V]、送信電極部105の配置位置が尻ポケット、受信電極部106の配置位置が人体の頭頂

部を例にした場合、受信電極部 106 に生じる電極間電位 $V_R(f)$ は、図 25 のシミュレーション結果及び (15) 式にも示したように、 $0.0005 [V]$ となる。そして (17) 式に対応する各値を代入すると、 $0.0005 = \alpha \times 1 \times 0.0032 \times 0.02 \times 0.01$ となるから、パラメータ依存定数 α は 781.25 と決定することができる。

このようにして電界シミュレータ及び (17) 式により、このとき選定された (b) 及び (c) の設定パラメータに応じたパラメータ依存定数 α を決定することができる。但し、周波数と送受間の距離とは一定の対応関係にあることから、(a) の設定パラメータにおける発信周波数が決まれば、(c) の設定パラメータもある程度決まる。

(3-4-4) 送信電極部に印加可能な最大電位

次に、(a) ~ (c) の設定パラメータで送受信機を設計した際に、送信電極部 105 から発生する電界の誘導電磁界成分がノイズフロアよりも小さくなるように、(d) の設計パラメータ (送信電極部 105 に与える印加電位) を決定するが、ここでは、送信電極部 105 に印加可能な最大電位について説明する。

自由空間上における電界発生源 (送信電極部 105) から近傍位置 r の時刻 t の電界強度 E は、当該電界強度 E が最大になる「 $\cos \omega t = 1$ 」の場合かつ議論を単純化するために $\theta = \pi/2$ の場合を取り扱って (2) 式を整理すると、次式

$$E = E_\theta = \frac{ql}{4\pi\epsilon r^3} \cdot (1 + jkr + (jkr)^2) \cdot \exp(-jkr) \quad \dots\dots (18)$$

として表わすことができる。

そして開口面積 $K [m^2]$ のアンテナ (受信電極部 106) で受信した場合の受信電力 $p [W]$ は、受信電力密度を $S [W/m^2]$ とすると、次式

$$P = \frac{SK}{4\pi} \quad \dots\dots (19)$$

であり、この受信電力密度 S [W/m^2] は、当該受信される電界強度 E との関係では、次式

$$S = \frac{E^2}{120\pi} \quad \dots\dots (20)$$

となる。

従って受信電力 p [mW] は、(19) 式に (20) を代入して、次式

$$\begin{aligned} P &= \frac{SK}{4\pi} = \frac{E^2 K}{480\pi^2} \\ &= 1000 \cdot \frac{E^2 K}{480\pi^2} [mW] \end{aligned} \quad \dots\dots (21)$$

となる。

この (21) 式の「 E 」に (18) 式を代入し、電界発生源（送信電極部 105）から近傍位置 r でノイズフロア nf [dBm] より 10 [dB] 小さくなるように電荷 q と微小ダイポールの電荷との間における距離 l の積 ql を求めようとする、次式

$$\begin{aligned} &1000 \cdot \frac{E^2 K}{480\pi^2} \\ &= 1000 \cdot \frac{\left(\frac{ql}{4\pi\epsilon r^3} \cdot |jkr \cdot \exp(-jkr)| \right)^2 \cdot K}{480\pi^2} < 10^{\frac{nf-10}{10}} \end{aligned} \quad \dots\dots (22)$$

となるから、当該積 q_l の最大値（以下、これを最大値積と呼ぶ） $q_{l_{max}}$ は、次式

$$1000 \cdot \frac{\left(\frac{q_{l_{max}}}{4\pi\epsilon^3} \cdot |jkr \cdot \exp(-jkr)| \right)^2 \cdot K}{480\pi^2} = 10^{\frac{nf-10}{10}} \quad \dots\dots (23)$$

となり、これを整理した次式

$$q_{l_{max}} = \sqrt{10^{\frac{nf-10}{10}} \cdot \frac{480\pi^2}{1000 \cdot K} \cdot \frac{4\pi\epsilon^3}{|jkr \cdot \exp(-jkr)|}} \quad \dots\dots (24)$$

に従って求めることができる。

なお、ノイズフロア nf は、雑音指数を NF 、通信帯域を B とすると、次式

$$nf = -174 \text{ [dBm/Hz]} + NF + 10 \log B \text{ [dBm]} \quad \dots\dots (25)$$

によって定義される。

實際上、周波数 f が4 [MHz]、雑音指数 NF が10 [dB]、通信帯域 B が100 [kHz]、受信電極部106の開口面積 K が0.03 [m²]、 $\theta = \pi/2$ のときを例として、送信電極部105から0.05 [m]隔てた位置での誘導電磁界の出力がノイズフロア nf ($= -174 + 10 + 10 \log(100000) = -114$ [dBm]) よりも小さくなるようにするならば、最大値積 $q_{l_{max}}$ を(24)式により 1.5×10^{-16} にすれば良いことになる。但し、実際には、「 $q_l < q_{l_{max}}$ 」であるような積 q_l にすれば、送信電極部10

5 から 0.05 [m] 隔てた近傍位置 r での誘導電磁界成分がノイズフロア $n f$ 以下となる。

ここで、この例における通信距離と、準静電界、誘導電磁界及び放射電界の合成電界の電界強度及び誘導電磁界のみの電界強度との関係を確認してみる。

すなわち、(18) 式に $\theta = \pi/2$ 、 $q l_{\max} = 1.5 \times 10^{-16}$ を代入すると、合成電界の電界強度 E (E_{θ}) は、次式

$$\begin{aligned} E &= \\ E_{\theta} &= \frac{q l_{\max}}{4\pi\epsilon r^3} (1 + jkr + (jkr)^2) \exp(-jkr) \quad \dots\dots (26) \\ &= \frac{1.5 \times 10^{-16}}{4\pi\epsilon r^3} \left(1 + j \frac{2\pi f}{c} r + \left(j \frac{2\pi f}{c} r \right)^2 \right) \exp(-jkr) \end{aligned}$$

となる。この (26) 式に真空の誘電率 $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12}$ 、周波数 $f = 4$ 、波数 $k = 2\pi f/c$ (c : 光速) を代入すると、合成電界の電界強度 E と、電界発生源からの近傍距離 r とは図 28 に示す関係でプロットすることができる。

そして、次式

$$E = \frac{q l_{\max}}{4\pi\epsilon r^3} (jkr) \exp(-jkr) \quad \dots\dots (27)$$

により定義される誘導電磁界成分の電界強度 E と、電界発生源からの近傍距離 r とは図 29 に示す関係でプロットすることができる。

この図 28 と図 29 とを比較してみても明らかなように、電界発生源 (送信電極部 105) の近傍位置 r において、誘導電磁界は準静電界に比べて十分小さいことが確認できる。なお、この図 28 及び図 29 において示していない放射電界は、近傍位置 r では誘導電磁界よりも小さいため、準静電界よりも小さいことは明らかである。

このように周波数 f 、雑音指数 NF 、通信帯域 B 、受信電極部106の開口面積 K 及び送信電極部105からの近傍位置 r が具体的に定まれば、電荷 q と微小ダイポールの電荷との間における距離 l の最大値積 ql_{max} は、(24)式により求めることができる。

ところで、かかる最大積 ql_{max} は、送信電極部105に印加可能な最大電位に相当するものである。従って、(b)の設計パラメータとして選定された電極面積 A_s 及び電極間距離 d_s でなる送信電極部105から発生する電界が、(26)式に基づくプロット結果である図28の曲線とほぼ一致するように、電界シミュレータを用いて送信電極部105に対する印加電位 $V_s(A_s, d_s, f)$ を決定することができれば、送信電極部105を中心とした通信範囲の限界位置 $r_{neighbour}$ (=近傍距離 r)での誘導電磁界がノイズフロア nf よりも小さくなるようにすることができることになる。

例えば、電界シミュレータにおいて電極面積 A_s が 4×4 [cm^2]、かつ当該電極間距離 d_s が4 [cm]でなる送信電極部105を自由空間中に配置した状態において、当該送信電極部105に単一周波数 f_0 で1 [V]の印加電位を与えた場合、このとき送信電極部105から周囲に発生する電界を0.002倍したものが、図28の曲線とほぼ一致した。

このことは、送信電極部105に対して0.002 [V]の印加電位 $V_s(0.04 \times 0.04, 0.04, f_0)$ を送信電極部105に与えれば、送信電極部105を中心とした通信範囲の限界位置 $r_{neighbour}$ での誘導電磁界がノイズフロア nf よりも小さくなることを意味する。

このことから、周波数 f に依存する最大積 $ql_{max}(f)$ に対応した送信電極部105に印加可能な最大電位(以下、これを印加可能最大電位と呼ぶ) $AV_{smax}(A_s, d_s, f)$ は、電界シミュレータによるシミュレーションで用いた単一周波数を f_0 とし、当該シミュレーションに従って得られた印加電位を $V_s(A_s, d_s, f_0)$ とすると、次式

$$\begin{aligned}
 & A V_{S \max}(A_s, d_s, f) \\
 &= \sqrt{10^{\frac{-174+10+10 \log(B)-10}{10}}} \cdot \frac{480\pi^2}{1000 \cdot K} \cdot \frac{4\pi\epsilon \cdot r_{\text{neighbour}}^3}{\left| j \frac{2\pi f}{c} r_{\text{neighbour}} \cdot \exp\left(-j \frac{2\pi f}{c} r_{\text{neighbour}}\right) \right|} \times \frac{V_s(A_s, d_s, f_0)}{q l_{\max}(f_0)} \\
 & \dots (28)
 \end{aligned}$$

となる。

因みに、最大値積 $q l_{\max}$ を (24) 式により 1.5×10^{-16} となるとした場合の条件 (単一周波数 f_0 が 4 [MHz]、雑音指数 NF が 10 [dB]、通信帯域 B が 100 [kHz]、受信電極部 106 の開口面積 K が 0.03 [m²]、 $\theta = \pi/2$) に、電界シミュレータによるシミュレーション結果 (電極面積 A_s が 4×4 [cm²]、かつ当該電極間距離 d_s が 4 [cm] となる送信電極部 105 に印加電位 $V_s(0.04 \times 0.04, 0.04, 4)$ が 0.002 [V]) での条件を付加した場合を例として、(28) 式の対応する事項に代入すると、印加可能最大電位は、次式

$$\begin{aligned}
 & A V_{S \max}(0.04 \times 0.04, 0.04, f) \\
 &= \sqrt{10^{\frac{-174+10 \log(100000)}{10}}} \cdot \frac{480\pi^2}{1000 \cdot 0.03^2} \cdot \frac{4\pi\epsilon \cdot 0.05^3}{\left| j \frac{2\pi f}{c} 0.05 \cdot \exp\left(-j \frac{2\pi f}{c} 0.05\right) \right|} \times \frac{0.002}{q l(4 \times 10^6)} \\
 & \dots (29)
 \end{aligned}$$

となり、この (29) 式に基づく、周波数 f と印加可能最大電位 $A V_{S \max}(0.04 \times 0.04, 0.04, f)$ との関係は図 30 に示す結果となる。この図 30 から明らかなように、どの周波数 f に対しても、電界発生源 (送信電極部 105) から 5 [cm] 離れた位置での誘導電磁界の電界強度をノイズフロアより小さくできる。

このようにして電界シミュレータ及び(28)式により、このとき選定された(a)～(c)の設定パラメータに応じた印加可能最大電位 $AV_{Smax}(A_s, d_s, f)$ を求めることができる。

(3-4-5) プリアンプの選択

次に、電圧ノイズが $n [V/\sqrt{Hz}]$ であるプリアンプ121をヘッドホン装置103に搭載した場合、このプリアンプ121は、通信帯域 $B [Hz]$ に対して電位 $n/\sqrt{B} [V]$ の信号を検出可能である。

従って、次式

$$V_R(f) = \alpha \times V_S(f) \times A_s \times d_s \times d_R > n/\sqrt{B} \quad \dots\dots (30)$$

を満足するようにプリアンプ121を選定すれば良いこととなる。

(3-4-6) まとめ

以上のように上述した事項をまとめると、送受信機(音声再生装置102及びヘッドホン装置103)の設計は、図31の設計手順RTに従って行うことができる。

すなわち、まず、(a)発信周波数 f 及び通信帯域 B 、(b)送信電極部105における電極面積 A_s 及び電極間距離 d_s と、受信電極部106における電極間距離 d_R 、(c)人体に配置する送信電極部105及び受信電極部106の位置、(d)プリアンプ121における電圧ノイズ n の選定を設計前処理として行う(ステップSP1)。

次いで、電磁界シミュレータにおいて人体モデルと、(b)の設計パラメータからなる送信電極部105及び受信電極部106とを定義すると共に、当該人体モデルに対して送信電極部105及び受信電極部106を(c)の設計パラメータに対応する位置に配置し、当該送信電極部105の電極105a、105b間を、発信周波数 f でなる所定の印加電位 $V_S(f)$ により励振させたときの受信電極部106の電極間電位 $V_R(f)$ を求める(ステップSP2)。

この後、このとき定義した事項を(17)式の対応する部分に代入し、(b)及び(c)の設計パラメータで送受信機を設計した場合のパラメータ依存定数 α を求める(ステップSP3)。

次に、受信電極部106の開口面積 K 、雑音指数 NF 及び送信電極部105を中心とした通信範囲の限界位置 $r_{neighbour}$ を決定し、当該決定事項と、(a)の設計パラメータとを(24)式の対応部分に代入して最大値積 $q l_{max}$ を求める。

そして(b)の設計パラメータとして選定された電極面積 A_s 及び電極間距離 d_s でなる送信電極部105から発生する電界が、このとき求めた最大値積 $q l_{max}$ に関する事項を(18)式に代入した結果得られる合成電界の電界強度 $E(E_\theta)$ とほぼ一致するように、電界シミュレータにおいて送信電極部105に対する印加電位 $V_s(A_s, d_s, f_0)$ を求める(ステップSP4)。

次に、このとき決定した印加電位 $V_s(A_s, d_s, f_0)$ を(28)式に代入することにより、自由空間において送信電極部105を中心とした通信範囲の限界位置 $r_{neighbour}$ での誘導電磁界がノイズフロア nf よりも小さくなる印加可能最大電位 $AV_{smax}(A_s, d_s, f)$ を求める(ステップSP5)。

最後に、送信電極部105に与える印加電位 $V_s(f)$ として、印加可能最大電位 $AV_{smax}(A_s, d_s, f)$ よりも小さく、かつ、受信電極部106の電極間電位 $V_R(f)$ がこのとき選択したプリアンプ121の電圧ノイズ n 以上であることを充足する印加電位 $V_s(f)$ があるか否かを確認する(ステップSP6)。

ここで、かかる条件を充足する印加電位 $V_s(f)$ がなければ、再度(a)～(d)の全て又は一部の設計パラメータを見直し、当該見直した設計パラメータに基づいてステップSP2～SP6までの手順を繰り返す。

これに対して、かかる条件を充足する印加電位 $V_s(f)$ が存在すれば、送受信機を設計できたことを意味し、このときこの設定手順RTを終了する。

このようにして図31に示す設計手順RTを行うことにより、電界発生源から

発生する所定範囲内の電界のうち誘導電磁界成分がノイズフロアレベルよりも小さくなるように、任意に選定される設計パラメータに応じた送信電極部 105 の印加電位 $V_s(f)$ を決定することができる。

なお、送受信機の取り付け位置が複数の箇所想定されている場合には、これら箇所全てについてステップ SP1～SP6 までの手順を順次行うようにすれば、当該箇所の送受信機ごとに設計パラメータに応じた送信電極部 105 の印加電位 $V_s(f)$ を決定することができる。

(3-5) 動作及び効果

以上の構成において、通信システム 100 においては、電界の誘導電磁界成分が通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、基準周波数に応じた構造に送信電極部 105 を形成する。

従ってこの通信システム 100 では、準静電界通信に不要な誘導電磁界成分や放射電界成分を抑制した分だけ通信に必要なエネルギーを低くできると共に、不要伝播を抑制して空間分解能を向上させることができ、通信の安定化を図ることができる。

これに加えて、通信システム 100 においては、基準周波数に応じた送信電極間に印加する電圧を制限することにより、より通信の安定化を図ることができる。

以上の構成によれば、電界の誘導電磁界成分が通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、基準周波数に応じた構造に送信電極部 105 を形成したことにより、準静電界通信に不要な誘導電磁界成分や放射電界成分を抑制した分だけ通信に必要なエネルギーを低くできると共に、不要伝播を抑制して空間分解能を向上させることができるため、通信の安定化を図ることができ、通信時の自由度をより向上することができる。

(3-6) 他の実施の形態

上述の第 2 の実施の形態においては、電界の誘導電磁界成分が通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように基準周波数に応じた電極構造

を（１６）式に基づいて選定するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、これを基本として改良した式等、（１６）式以外の式に基づいて選定するようにしても良い。

また第２の実施の形態においては、かかる電極構造でなる電極に対して印加する信号を使用周波数に応じて生成する生成手段として、予め規定された発信周波数（使用周波数）に対応する電位を設定し、当該設定された電位の信号を生成して印加するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、複数の周波数と、当該周波数に対応する電位とをテーブルとして保持しておき、当該テーブルを参照してこのとき使用する周波数に対応する電位を決定し、当該決定した電位の信号を所定のタイミングで切り替えて順次生成しこれを印加するようにしても良い。

この場合、複数の周波数を用いてヘッドホン装置１０３と通信することができるため、当該通信時の安定性を維持した状態で通信効率を高めることができる。

さらに上述の第２の実施の形態においては、送受信機の配置位置として、音声再生装置１０２を人体の着衣における尻ポケットに配置し、ヘッドホン装置１０３を当該人体の頭頂部に配置するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の位置に送受信機（音声再生装置１０２及びヘッドホン装置１０３）を配置するようにしても良い。

さらにかかる送受信機の組み合わせとして、例えば携帯電話機とパーソナルコンピュータとの間で通信する場合等、この他種々の送受信機の組み合わせを適用することができる。この場合、送信電極部１０５及び受信電極部１０６を一組として送信機及び受信機の双方に搭載すれば良い。

さらにこの場合、送受信対象の情報については音声以外の情報を適用することができ、また人体の経由人数は何人であっても良く、当該人体に代えて、ほ乳類や虫類あるいは植物等の生体、さらには所定の導電性の物、その他種々の対象を適用することもできる。

産業上の利用可能性

本発明は、送受信機における電極間における電位差を利用して近接場通信する場合であって、特に人体を経由して情報を送受信する場合に適用することができる。

請 求 の 範 囲

1. 送信すべき情報に応じて変調した準静電界を発生することにより、帯電性を有する識別対象を帯電させる第1の通信装置と、

上記識別対象の帯電状態の変化を検出し、当該変化に基づいて上記情報を復調する第2の通信装置と

を具えることを特徴とする通信システム。

2. 上記識別対象は人体である

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の通信システム。

3. 上記第1の通信装置及び上記第2の通信装置はそれぞれ可搬型でなり、上記第1の通信装置と、上記第2の通信装置とはそれぞれ異なる上記人体の近傍に設けられる

ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の通信システム。

4. 上記第1の通信装置は、可搬型であって上記人体の近傍に設けられ、
上記第2の通信装置は、所定の制御対象物又はその近傍に設けられる
ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の通信システム。

5. 上記第1の通信装置は、

上記情報に応じて変調されてなる変調信号を生成する変調手段と、

上記変調信号に応じた上記準静電界を発生することにより、上記識別対象を帯電させる帯電誘導電極とを具え、

上記変調手段は、

上記帯電誘導電極に与える上記変調信号における電力又は電荷の少なくとも一方を制限する

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の通信システム。

6. 上記第 1 の通信装置は、

上記情報に応じて変調されてなる変調信号を生成する変調手段と、

上記変調信号に応じた上記準静電界を発生することにより、上記識別対象を帯電させる帯電誘導電極とを具え、

上記第 2 の通信装置は、

上記識別対象の帯電状態の変化を検出する検出電極とを具え、

上記帯電誘導電極と上記検出電極との間における距離と、上記帯電誘導電極に与える上記変調信号の波長とを、電界のうちの上記準静電界が支配的となるように選定した

ことを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

7. 上記第 1 の通信装置及び上記第 2 の通信装置とが通信する際の最大の上記距離を r とし、上記波長を λ とした場合に、 $r = \lambda / 2\pi$ の関係を充足するように選定した

ことを特徴とする請求の範囲第 6 項に記載の通信システム。

8. 上記第 2 の通信装置は、

上記識別対象の帯電状態の変化を信号として検出する検出手段と、

上記検出手段により検出された上記信号に基づいて上記情報を復調する復調手段と、

上記検出手段から上記復調手段までにわたる経路からの電氣的な漏洩を抑制する漏洩抑制手段と

を具えることを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の通信システム。

9. 上記漏洩抑制手段は、

上記検出手段から上記復調手段を介して接地するまでの静電容量を、上記検出手段と接地との間における静電容量に比して大きくする

ことを特徴とする請求の範囲第 8 項に記載の通信システム。

10. 上記電氣的漏洩抑制手段は、

上記識別対象の帯電状態の変化を検出して上記検出手段に誘導する検出電極と

上記検出手段の周囲を覆う筐体とを具え、

上記検出電極と上記筐体とを物理的に分離する

ことを特徴とする請求の範囲第 8 項に記載の通信システム。

11. 上記電氣的漏洩抑制手段は、

上記検出手段から上記復調手段までにわたる経路のうち、上記復調手段のみ接地する

ことを特徴とする請求の範囲第 8 項に記載の通信システム。

12. 上記第 2 の通信装置は、

上記第 1 の通信装置に対する電力供給用としての上記準静電界を発生する電力供給用電極と、

上記識別対象の通過経路に設けられ、上記識別対象とアースとの電氣的結合を抑制する結合抑制手段と

を具えることを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の通信システム。

13. 上記結合抑制手段は、

上記アースから所定の空間だけ隔てて設けられた床面でなる

ことを特徴とする請求の範囲第 12 項に記載の通信システム。

14. 上記結合抑制手段は、

上記通過経路に敷設され、上記アースに接地された低誘電率の部材でなることを特徴とする請求の範囲第 1 2 項に記載の通信システム。

1 5. 上記第 2 の通信装置は、

上記第 1 の通信装置に対する電力供給用としての上記準静電界を発生する電力供給用電極と、

上記人体の歩行に応じて当該人体に形成される帯電状態の変化を検出する検出電極と、

上記検出電極により帯電状態の変化が検出されている間のみ上記電力供給用の信号を上記電力供給用電極に与える電力供給手段と

を具えることを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の通信システム。

1 6. 上記第 2 の通信装置は、

上記識別対象の帯電状態の変化を検出する検出電極と、

上記第 1 の通信装置に対する電力供給用としての上記準静電界を発生する電力供給用電極とを具え、

上記電力供給用電極と上記検出電極とは同一の電極でなる

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の通信システム。

1 7. 上記第 2 の通信装置は、

上記第 1 の通信装置に対する電力供給用としての上記準静電界を発生する電力供給用電極と、

上記電力供給用の信号を上記電力供給用電極に与える電力供給手段とを具え、

上記電力供給手段は、

上記電力供給用の信号を、上記第 1 の通信装置へ送信するための搬送用の信号と兼用する

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の通信システム。

18. 上記第2の通信装置は、

上記第1の通信装置に対する電力供給用としての上記準静電界を発生する電力供給用電極と、

上記電力供給用の信号を上記電力供給用電極に与える電力供給手段とを具え、
上記第1の通信装置は、

上記電力供給用電極から発生する上記準静電界によって帯電させられた上記識別対象を経由して電力を得る

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の通信システム。

19. 第1の通信装置と、第2の通信装置とが準静電界を介して情報を送受信する通信方法において、

送信すべき情報に応じて変調した準静電界を発生することにより、帯電性を有する識別対象を帯電させる第1のステップと、

上記識別対象の帯電状態の変化を検出し、当該変化に基づいて上記情報を復調する第2のステップと

を具えることを特徴とする通信方法。

20. 上記識別対象は人体である

ことを特徴とする請求の範囲第19項に記載の通信方法。

21. 送信すべき情報に応じて変調した準静電界を発生することにより、帯電性を有する識別対象を帯電させる帯電誘導手段を具え、

当該識別対象を準静電界におけるアンテナとして作用させる

ことを特徴とする通信装置。

22. 上記識別対象は人体である

ことを特徴とする請求の範囲第 2 1 項に記載の通信装置。

2 3. 上記帯電誘導手段は、平行平板電極であり、

上記平行平板電極は、

電界の誘導電磁界成分が通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、基準周波数に応じた電極面積及び電極間距に形成された

を具備することを特徴とする請求の範囲第 2 1 項に記載の通信装置。

2 4. 上記帯電誘導手段は、

受信側平行平板電極の電極間電位を V_R [V]、上記受信側平行平板電極の電極間距離を d_R [m]、送信側平行平板電極の電極面積を A_S [m²]、上記送信側平行平板電極の電極間距離を d_S [m]、上記送信側平行平板電極の電極間電位を V_S [V]、上記電極間距離 d_R 、上記電極面積 A_S 及び上記電極間距離 d_S に依存する定数を α とした場合において、

上記電極間距離 d_R を固定とし、基準周波数の電極間電位 V_S を上記送信側平行平板電極に与えた際に、次式

$$V_R = \alpha \times V_S \times A_S \times d_S \times d_R$$

を充足する上記電極面積 A_S 及び電極間距離 d_S で形成された上記送信側平行平板電極でなる

を具備することを特徴とする請求の範囲第 2 1 項に記載の通信装置。

2 5. 準静電界におけるアンテナとして作用させられた結果、ほぼ等方に情報の有する準静電界を形成する識別対象の帯電状態の変化を検出し、当該変化に基づいて上記情報を復調する復調手段

を具備することを特徴とする通信装置。

2 6. 上記識別対象は人体である

ことを特徴とする請求の範囲第 2 3 項に記載の通信装置。

27. 所定の通信相手と通信する通信装置において、

上記電界を発生する送信用平行平板電極を具え、

上記送信用平行平板電極は、

受信用平行平板電極の電極間電位を V_R [V]、上記受信用平行平板電極の電極間距離を d_R [m]、送信用平行平板電極の電極面積を A_S [m²]、上記送信用平行平板電極の電極間距離を d_S [m]、上記送信用平行平板電極の電極間電位を V_S [V]、上記電極間距離 d_R 、上記電極面積 A_S 及び上記電極間距離 d_S に依存する定数を α とした場合において、

上記電極間距離 d_R を固定とし、基準周波数の電極間電位 V_S を上記送信用平行平板電極に与えた際に、次式

$$V_R = \alpha \times V_S \times A_S \times d_S \times d_R$$

を充足する上記電極面積 A_S 及び電極間距離 d_S で形成された
を具えることを特徴とする通信装置。

28. 上記送信用平行平板電極に印加する信号を使用周波数に応じて生成する生成手段

を具えることを特徴とする請求の範囲第 27 項に記載の通信装置。

29. 所定の通信相手と通信する通信装置において、

上記通信相手から発生された電界を検出する受信用平行平板電極を具え、

上記受信用平行平板電極は、

受信用平行平板電極の電極間電位を V_R [V]、上記受信用平行平板電極の電極間距離を d_R [m]、送信用平行平板電極の電極面積を A_S [m²]、上記送信用平行平板電極の電極間距離を d_S [m]、上記送信用平行平板電極の電極間電位を V_S [V]、上記電極間距離 d_R 、上記電極面積 A_S 及び上記電極間距離 d_S に依存する定数

を α とした場合において、

上記電極面積 A_s 及び上記電極間距離 d_s を固定とし、基準周波数の電極間電位 V_s を上記送信用平行平板電極に与えた際に、次式

$$V_R = \alpha \times V_s \times A_s \times d_s \times d_R$$

を充足するように上記受信用平行平板電極の電極面積に依存することなく形成された

ことを特徴とする通信装置。

補正書の請求の範囲〔2004年8月2日（02.08.04）国際事務局受理：出願当初の請求の範囲1—4は補正された；出願当初の請求の範囲5—29は取り下げられた；新たな請求の範囲30—62が追加された。（16頁）〕

1. （補正後）送信すべき情報に応じて変調した準静電界を発生することにより、帯電性を有する帯電対象を帯電させる第1の通信装置と、

上記帯電対象の帯電状態の変化を検出し、当該変化に基づいて上記情報を復調する第2の通信装置と

を具えることを特徴とする通信システム。

2. （補正後）上記帯電対象は人体である

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の通信システム。

3. （補正後）上記第1の通信装置及び上記第2の通信装置はそれぞれ可搬型であり、上記第1の通信装置と、上記第2の通信装置とはそれぞれ異なる上記人体の近傍に設けられた

ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の通信システム。

4. （補正後）上記第1の通信装置は、可搬型であって上記人体の近傍に設けられ、

上記第2の通信装置は、所定の制御対象物又はその近傍に設けられた

ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の通信システム。

5. （削除）

6. (削除)

7. (削除)

8. (削除)

9. (削除)

1 0 . (削除)

1 1 . (削除)

1 2 . (削除)

1 3 . (削除)

1 4 . (削除)

1 5 . (削除)

1 6 . (削除)

1 7 . (削除)

18. (削除)

19. (削除)

20. (削除)

21. (削除)

22. (削除)

2 3 . (削除)

2 4 . (削除)

2 5 . (削除)

2 6 . (削除)

27. (削除)

28. (削除)

29. (削除)

30. (追加) 電界を発生するための電界発生用電極と、

上記電界発生用電極から発生する上記電界のうち準静電界によって帯電対象が帯電するように送信すべき情報に応じて変調し、当該変調された結果得られる変調信号を上記電界発生用電極に出力する変調手段と
を具備することを特徴とする通信装置。

31. (追加) 上記帯電対象は人体である

ことを特徴とする請求の範囲第30項に記載の通信装置。

32. (追加) 上記変調手段は、

上記準静電界によって人体がアンテナとして帯電するように送信すべき情報に応じて変調する

ことを特徴とする請求の範囲第31項に記載の通信装置。

33. (追加) 上記通信装置は可搬型でなり、上記人体の近傍に設けられたことを特徴とする請求の範囲第30項に記載の通信装置。

34. (追加) 上記変調手段は、

上記変調信号を、電力又は電荷の少なくとも一方を制限した状態で出力することを特徴とする請求の範囲第30項に記載の通信装置。

35. (追加) 上記変調手段は、

上記電界発生用電極及び上記準静電界を検出するための検出電極間における距離と、上記電界発生用電極に出力する上記変調信号の波長とに基づいて、上記電界発生用電極から発生する上記準静電界が支配的となるように送信すべき情報に応じて変調する

ことを特徴とする請求の範囲第30項に記載の通信装置。

36. (追加) 上記変調手段は、

上記電界発生用電極及び上記準静電界を検出するための検出電極間における最大の距離を r とし、上記電界発生用電極に出力する上記変調信号の波長を λ とした場合に、 $r = \lambda / 2\pi$ の関係を充足するように送信すべき情報に応じて変調する

ことを特徴とする請求の範囲第30項に記載の通信装置。

37. (追加) 上記電界発生用電極は、

通信相手によって帯電させられた上記帯電対象を経由して、当該通信相手における電界発生用電極と電気的な経路を形成し、

上記経路に生じる信号を自己の起動電力として蓄積する蓄積手段を具えることを特徴とする請求の範囲第30項に記載の通信装置。

38. (追加) 上記電界発生用電極は、平行平板電極でなり、

上記平行平板電極は、

基準周波数でなる電位が与えられた場合に、当該平行平板電極の近傍における所定位置での電界の強度誘導電磁界成分が、通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、その電極面積及び電極間距離が決定されたことを特徴とする請求の範囲第30項に記載の通信装置。

39. (追加) 上記電界発生用電極は、平行平板電極でなり、

上記平行平板電極は、

基準周波数でなる電位が与えられた場合に、当該平行平板電極の近傍における所定位置での電界の強度誘導電磁界成分が、通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さく、かつ当該電界を検出する通信相手の検出手段に生じるノイ

ズよりも大きくなる関係を満たすように、その電極面積及び電極間距離が決定された

ことを特徴とする請求の範囲第30項に記載の通信装置。

40. (追加) 上記平行平板電極は、

電極面積を A_s [m²]、電極間距離を d_s [m]、電極間電位を V_s [V] とし、通信相手における平行平板電極の電極間電位を V_R [V]、電極間距離を d_R [m] とし、上記電極間距離 d_R 、上記電極面積 A_s 及び上記電極間距離 d_s に依存する定数を α とした場合において、

上記電極間距離 d_R を固定とし、基準周波数の電極間電位 V_s を与えた際に、次式

$$V_R = \alpha \times V_s \times A_s \times d_s \times d_R$$

を充足するように、上記電極面積 A_s 及び電極間距離 d_s が決定された

ことを特徴とする請求の範囲第34項に記載の通信装置。

41. (追加) 送信すべき情報に応じて変調して得られた変調信号に基づく電界のうち準静電界によって帯電させられた帯電対象の帯電状態を検出する検出手段と、

上記検出手段により検出された上記帯電状態の変化に基づいて上記情報を復調する復調手段と

を具えることを特徴とする通信装置。

42. (追加) 上記帯電対象は人体であることを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

43. (追加) 上記検出手段は、

上記準静電界によってアンテナとして帯電させられた人体の帯電状態を検出す

る

ことを特徴とする請求の範囲第42項に記載の通信装置。

44. (追加) 上記通信装置は可搬型でなり、上記人体の近傍に設けられたことを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

45. (追加) 上記通信装置は、所定の制御対象物又はその近傍に設けられたことを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

46. (追加) 上記検出手段は、

上記電界発生用電極及び上記準静電界を検出するための検出電極間における距離と、上記電界発生用電極に出力する上記変調信号の波長とに基づいて準静電界が支配的となるように送信すべき情報に応じて変調され、この結果得られた変調信号に基づく上記準静電界によって帯電させられた帯電対象の帯電状態を検出する

ことを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

47. (追加) 上記検出手段は、

上記電界発生用電極及び上記準静電界を検出するための検出電極間における最大の距離を r とし、上記電界発生用電極に出力する上記変調信号の波長を λ とした場合に、 $r = \lambda / 2\pi$ の関係を充足するように送信すべき情報に応じて変調され、この結果得られた変調信号に基づく上記準静電界によって帯電させられた帯電対象の帯電状態を検出する

ことを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

48. (追加) 上記検出手段から上記復調手段までにわたる経路からの電氣的な漏洩を抑制する漏洩抑制手段

を具えることを特徴とする請求の範囲第 4 1 項に記載の通信装置。

4 9. (追加) 上記漏洩抑制手段は、

上記検出手段から上記復調手段を介して接地するまでの静電容量を、上記検出手段と接地との間における静電容量に比して大きくする

ことを特徴とする請求の範囲第 4 8 項に記載の通信装置。

5 0. (追加) 上記検出手段は、

上記帯電状態を検出する検出電極と、当該検出電極により検出された上記帯電状態を電気信号に変換する変換手段とを有し、

上記漏洩抑制手段は、

上記検出電極と上記変換手段とを物理的に分離する筐体でなる

ことを特徴とする請求の範囲第 4 8 項に記載の通信装置。

5 1. (追加) 上記漏洩抑制手段は、

上記検出手段から上記復調手段までにわたる経路のうち、上記復調手段のみ接地する

ことを特徴とする請求の範囲第 4 8 項に記載の通信装置。

5 2. (追加) 上記帯電対象は移動体でなり、

通信相手に対する電力供給用としての上記準静電界を発生するための電力供給用電極と、

上記帯電対象の通過経路に設けられ、上記帯電対象とアースとの電氣的結合を抑制する結合抑制手段と

ことを特徴とする請求の範囲第 4 1 項に記載の通信装置。

5 3. (追加) 上記結合抑制手段は、

上記アースから所定の空間だけ隔てて設けられた床面である
ことを特徴とする請求の範囲第52項に記載の通信装置。

54. (追加) 上記結合抑制手段は、
上記通過経路に敷設され、上記アースに接地された低誘電率の部材である
ことを特徴とする請求の範囲第52項に記載の通信装置。

55. (追加) 上記帯電対象は人体であり、
通信相手に対する電力供給用として上記準静電界を発生するための電力供給用
電極と、
上記人体の歩行に応じて当該人体に形成される帯電状態を検出するための検出
電極と、
上記検出電極により上記帯電状態が検出されている間のみ上記電力供給用の信
号を上記電力供給用電極に与える電力供給手段と
を具備することを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

56. (追加) 上記帯電対象は人体であり、
通信相手に対する電力供給用として上記準静電界を発生するための電力供給用
電極と、
上記人体の歩行に応じて当該人体に形成される帯電状態を検出するための検出
電極と
を具備、
上記電力供給用電極と上記検出電極とは同一の電極である
ことを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

57. (追加) 通信相手に対する電力供給用として上記準静電界を発生するた
めの電力供給用電極と、

上記電力供給用の信号を上記電力供給用電極に与える電力供給手段とを具え、

上記電力供給手段は、

上記電力供給用の信号を、上記通信相手へ送信するための搬送用の信号と兼用することを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

58. (追加) 上記検出手段は、

上記帯電状態を検出するための平行平板電極でなる検出電極を有し、
上記平行平板電極は、

所定の位置に有する通信相手の平行平板電極に対して基準周波数でなる電位が与えられた場合に、当該平行平板電極の近傍における所定位置での電界の強度誘導電磁界成分が、通信帯域に依じて規定されるノイズフロアよりも小さくなるように、その電極面積に依存することなく電極間距離が決定されたことを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

59. (追加) 上記検出手段は、

上記帯電状態を検出するための平行平板電極でなる検出電極を有し、
上記平行平板電極は、

所定の位置に有する通信相手の平行平板電極に対して基準周波数でなる電位が与えられた場合に、当該平行平板電極の近傍における所定位置での電界の強度誘導電磁界成分が、通信帯域に依じて規定されるノイズフロアよりも小さく、かつ上記検出手段に生じるノイズよりも大きくなる関係を満たすように、その電極面積に依存することなく電極間距離が決定されたことを特徴とする請求の範囲第41項に記載の通信装置。

60. (追加) 上記検出手段は、

上記帯電状態を検出するための平行平板電極でなる検出電極を有し、

上記平行平板電極は、

電極間電位を V_R [V]、電極間距離を d_R [m] とし、通信相手における平行平板電極の電極面積を A_S [m²]、電極間距離を d_S [m]、電極間電位を V_S [V] とし、上記電極間距離 d_R 、上記電極面積 A_S 及び上記電極間距離 d_S に依存する定数を α とした場合において、

上記電極間距離 d_R を固定とし、基準周波数の電極間電位 V_S を与えた際に、次式

$$V_R = \alpha \times V_S \times A_S \times d_S \times d_R$$

を充足するように、上記電極間距離 d_R が決定された

ことを特徴とする請求の範囲第 4 1 項に記載の通信装置。

61. (追加) 準静電界を情報伝達媒体として通信する際に用いる電極の電極製造方法において、

通信する際の発信周波数及び通信帯域と、送信電極として用いる送信側平行平板電極の電極間距離及び電極面積と、受信電極として用いる受信側平行平板電極の電極間距離を選定する第 1 のステップと、

上記第 1 のステップで選定した事項に基づいて、上記送信側平行平板電極と、上記受信側平行平板電極との間における通信限界位置を決定する第 2 のステップと、

上記送信側平行平板電極に対して上記発信周波数の電位を与える場合に、上記第 2 のステップで決定された上記通信限界位置での電界の強度誘導電磁界成分が、上記通信帯域に応じて規定されるノイズフロアよりも小さくなる上記電位が存在するか否かを判定する第 3 のステップと

を具えることを特徴とする電極製造方法。

62. (追加) 上記第 1 のステップでは、

上記発信周波数及び上記通信帯域と、上記送信側平行平板電極の電極間距離及

補正された用紙 (条約第 19 条)

び電極面積と、上記受信側平行平板電極の電極間距離とに加えて、上記受信側平行平板電極に接続するプリアンプも選定し、

上記第3のステップで上記ノイズフロアよりも小さくなる上記電位が存在する判定結果を得たとき、当該電位が上記送信側平行平板電極に与えられた状態において上記受信側平行平板電極に生じる電極間電位が上記プリアンプの電圧ノイズよりも大きいかな否かを判定する第4のステップ

を具えることを特徴とする請求の範囲第61項に記載の電極製造方法。

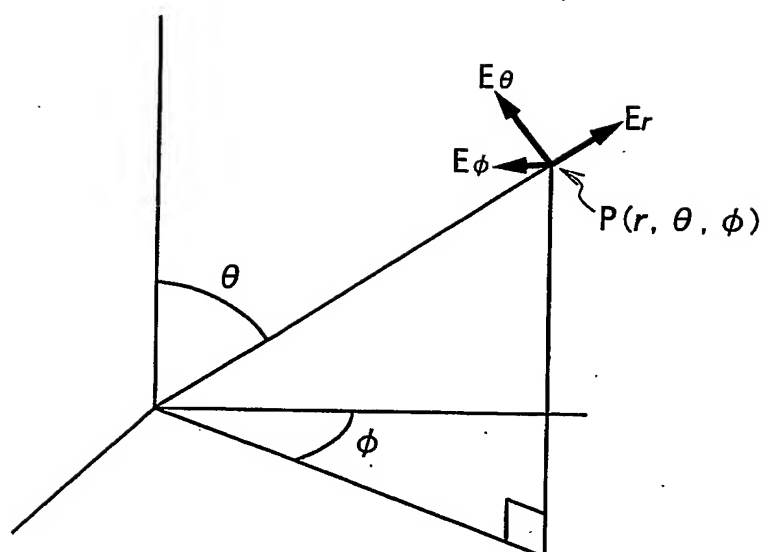


図 1

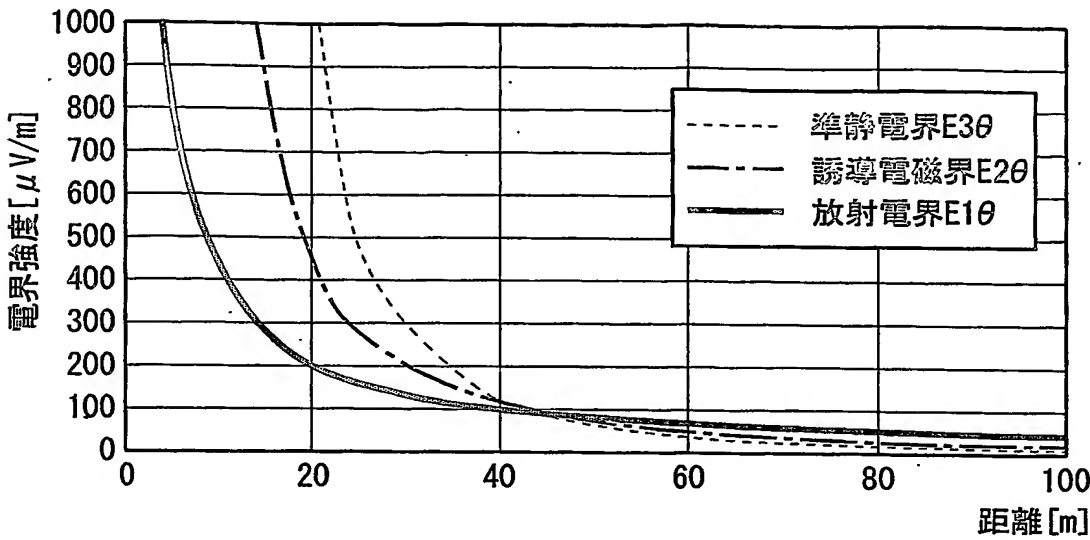


図 2

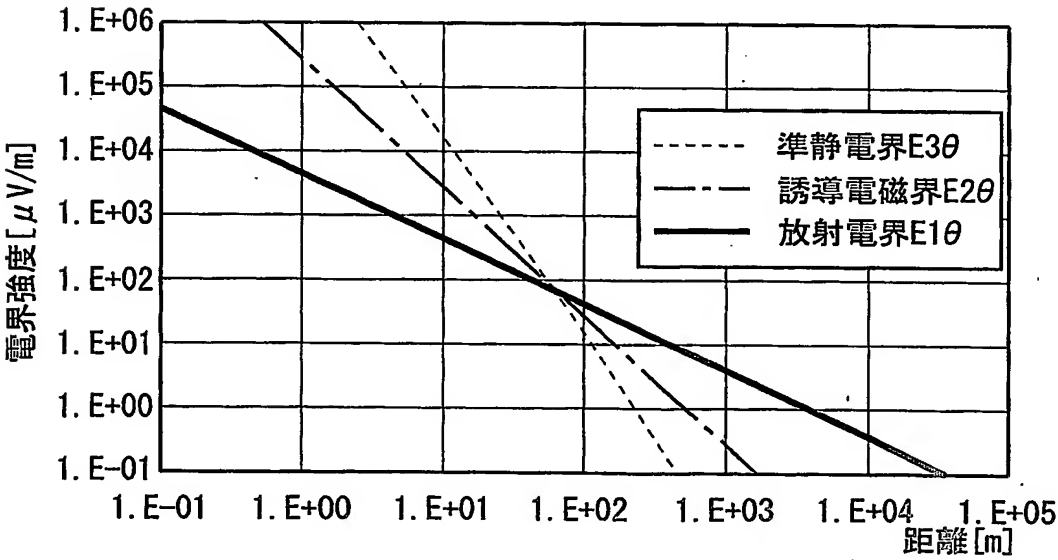


図 3

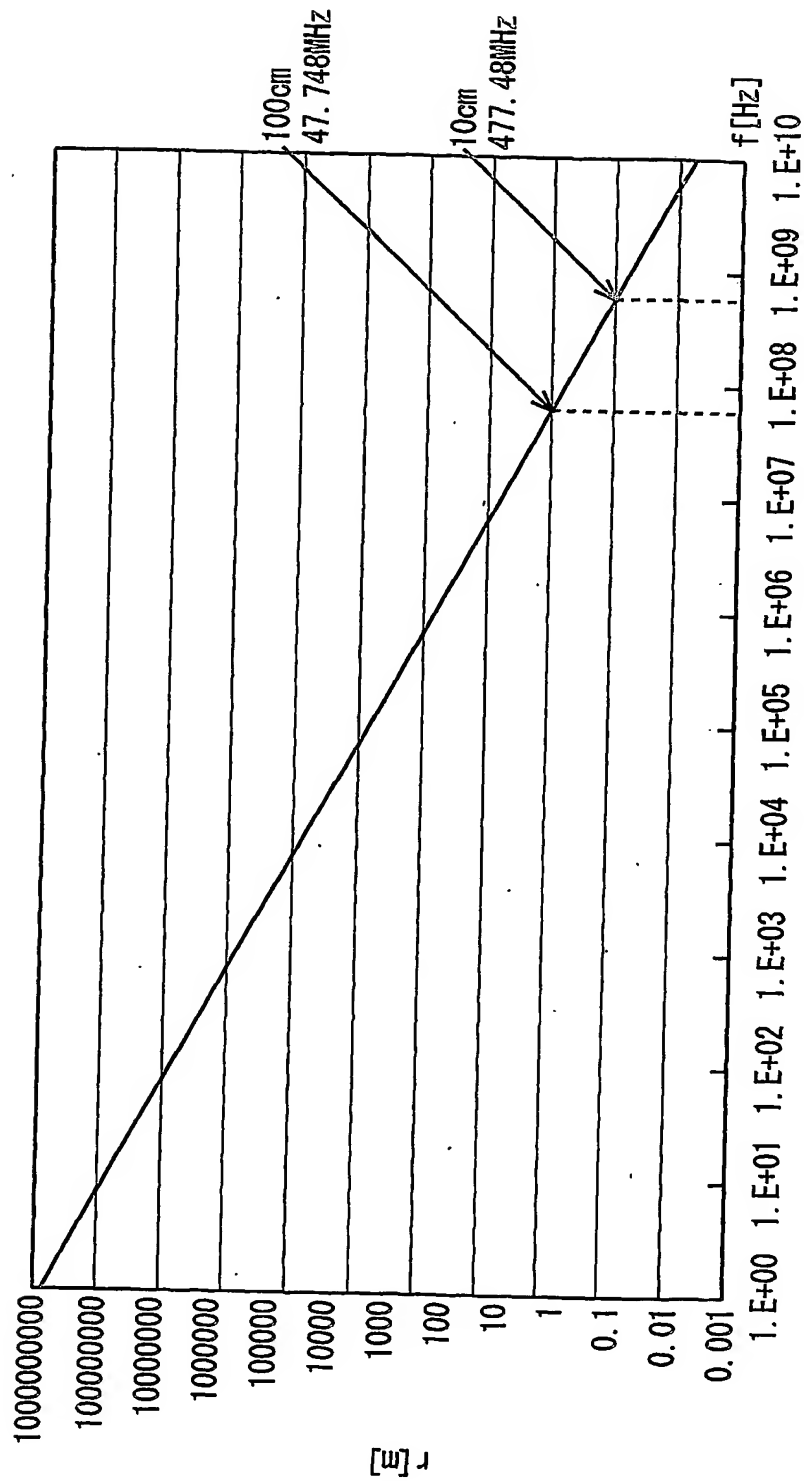


図 4

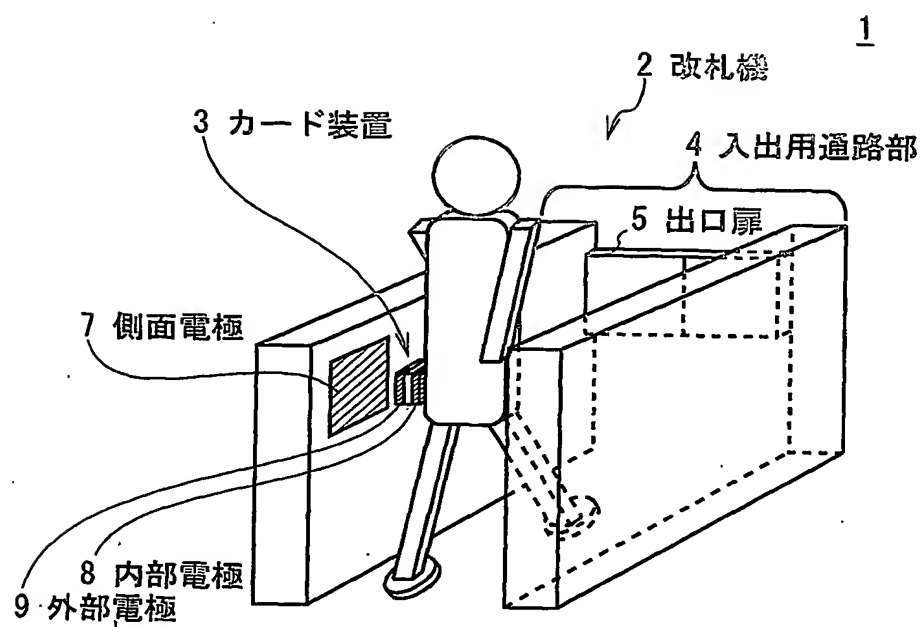


図5

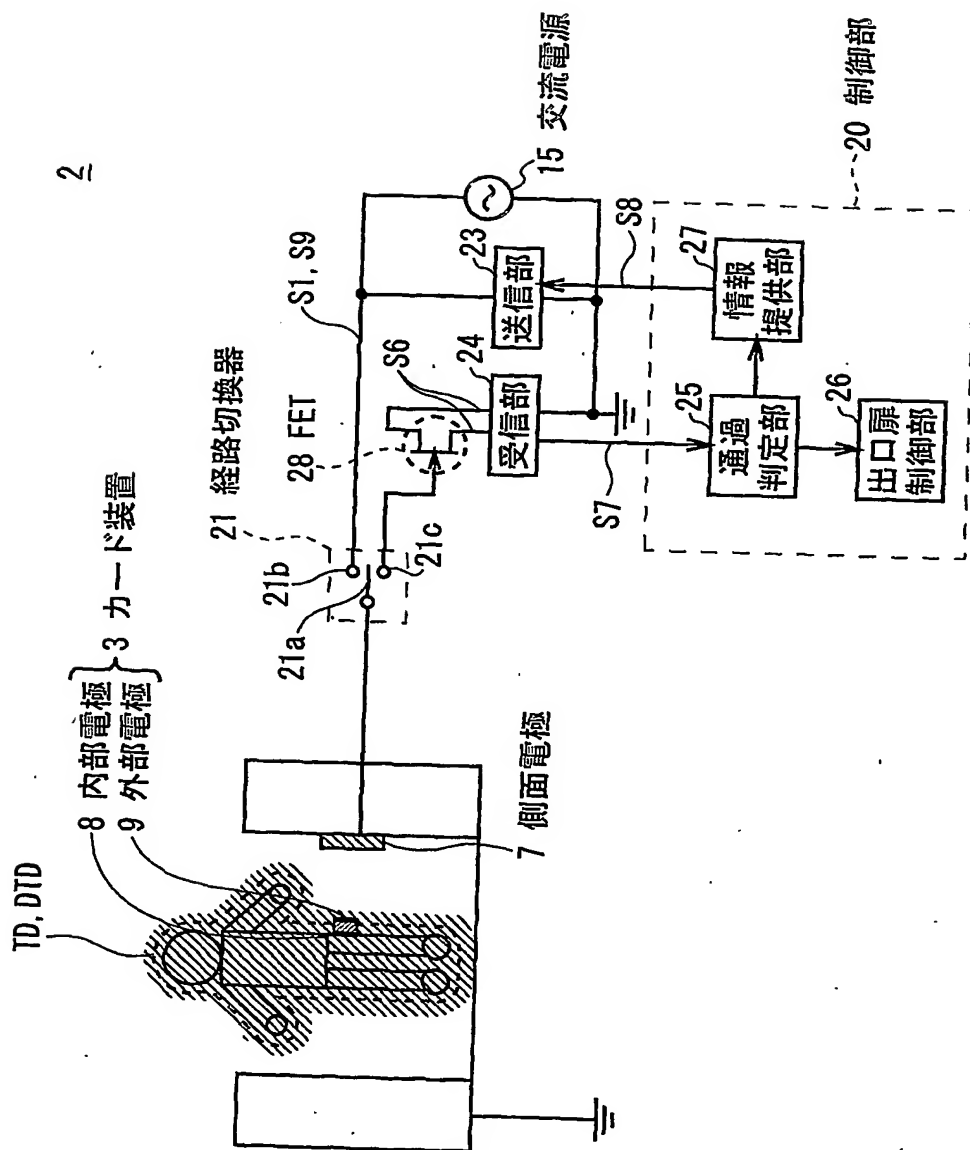


図 6

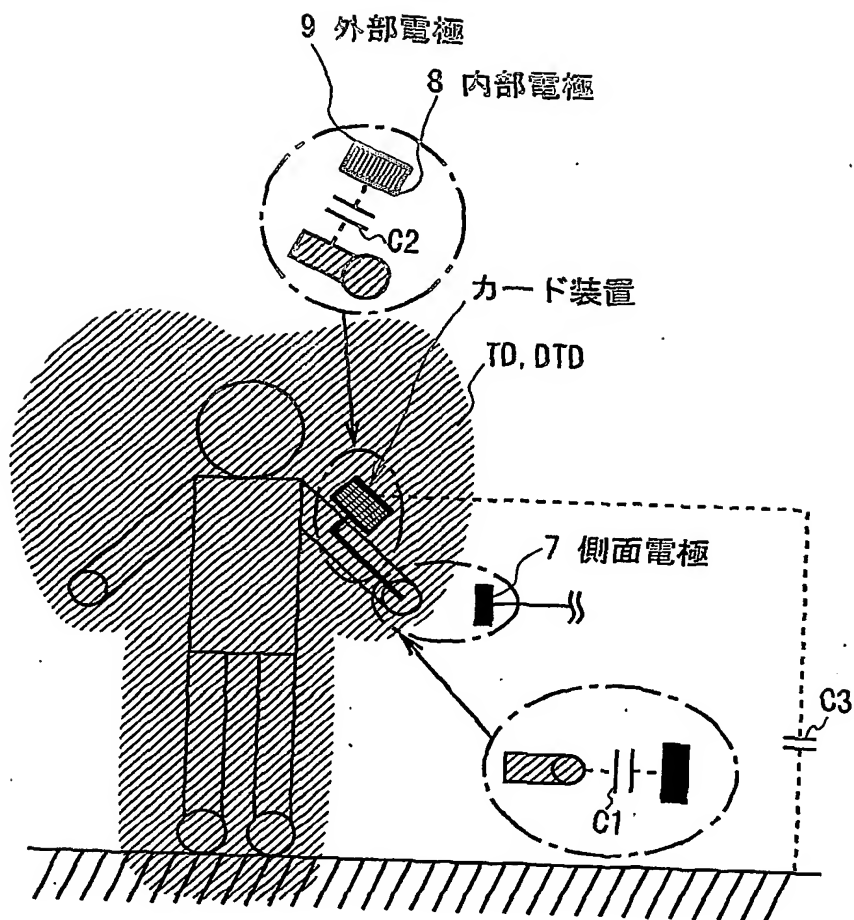


図 7

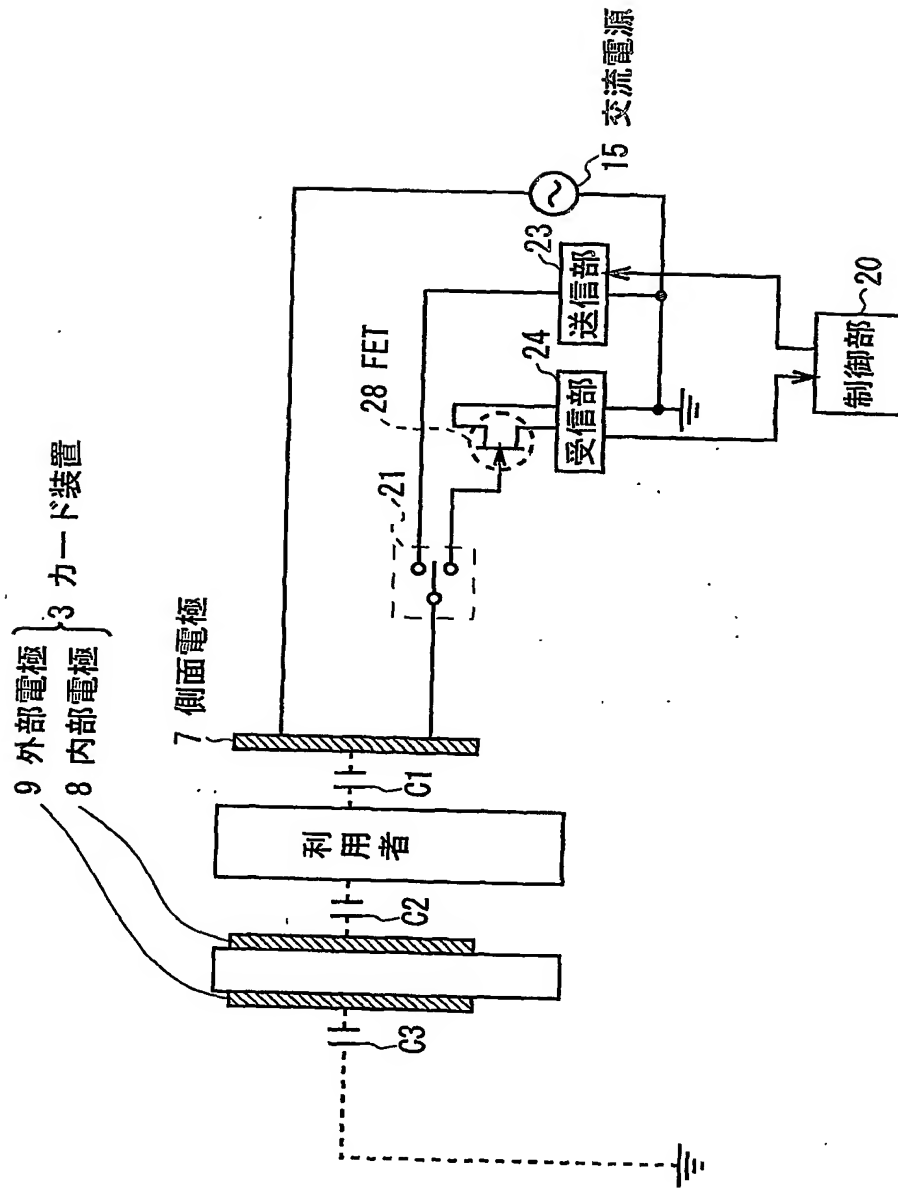


図8

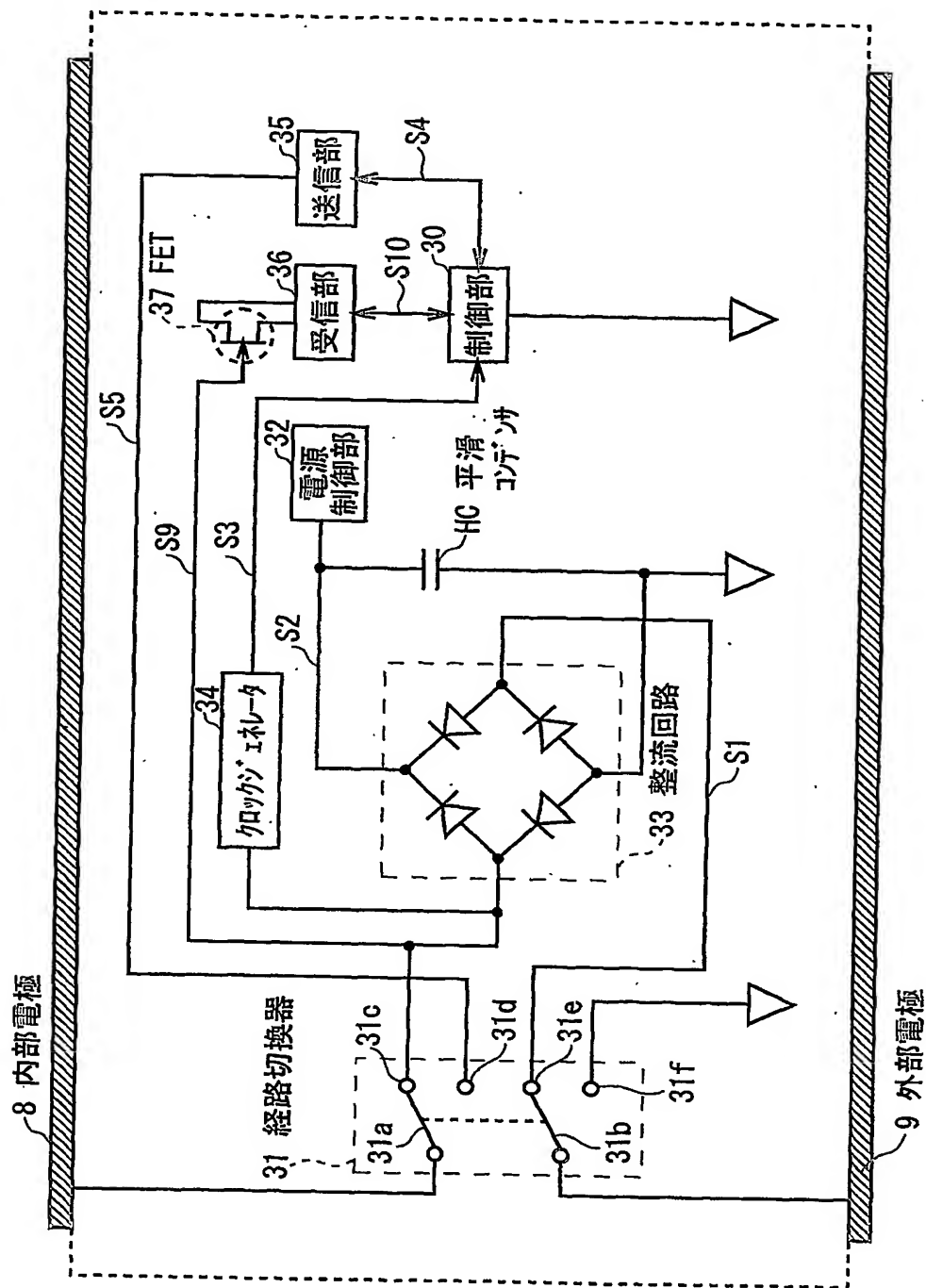


図 9

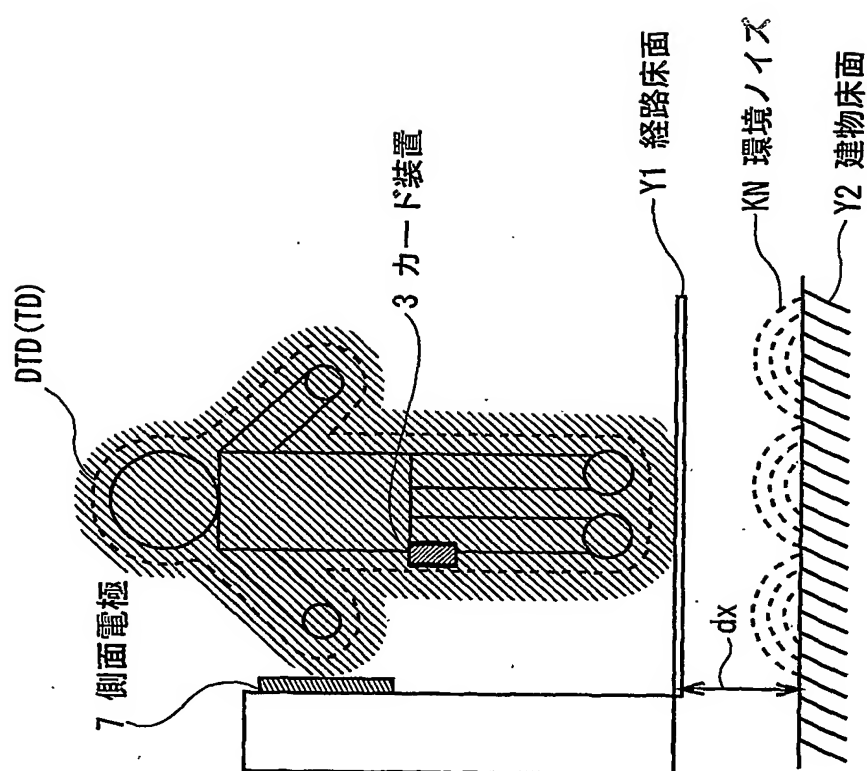


図10

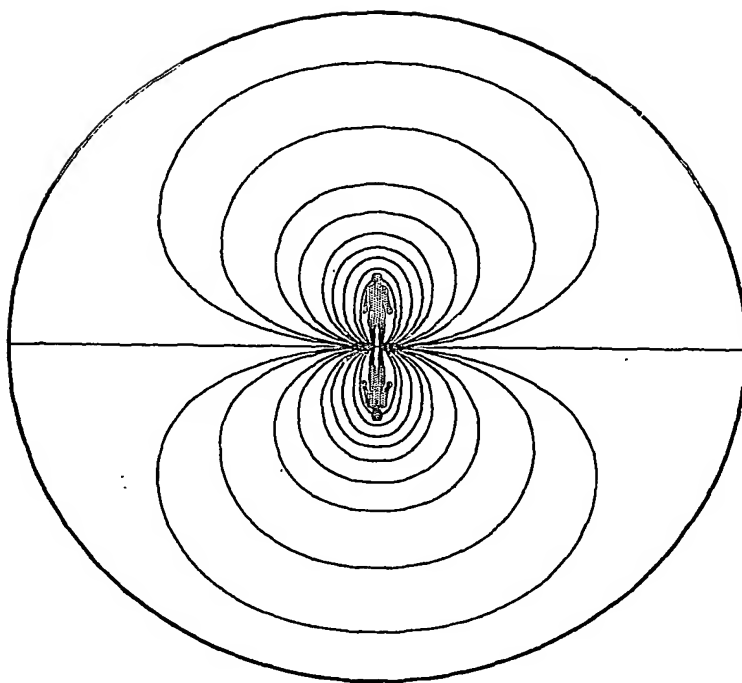
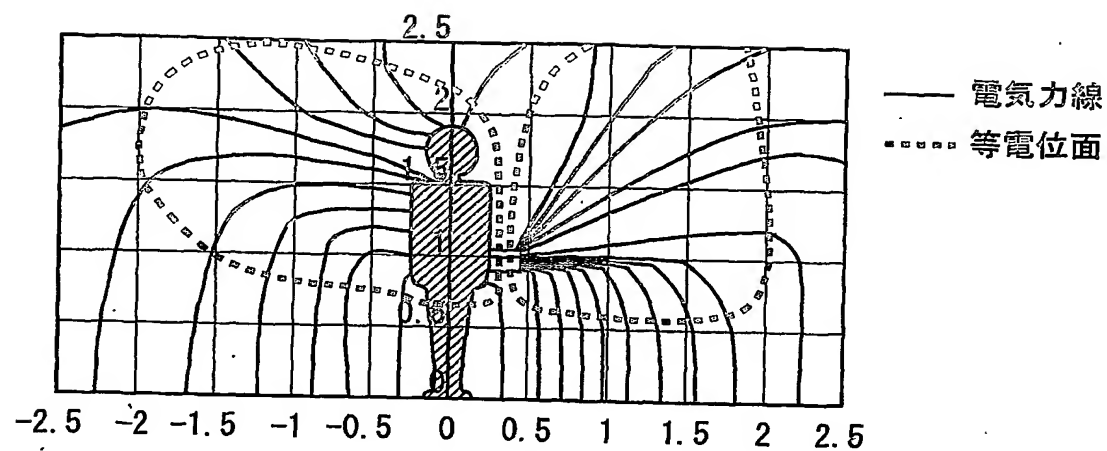
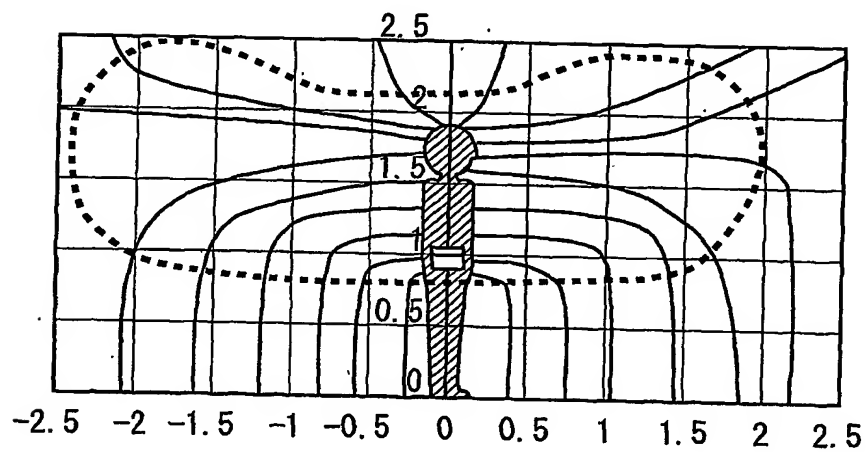


図 1 1



(A) 正面方向



(B) 側面方向

図 1 2

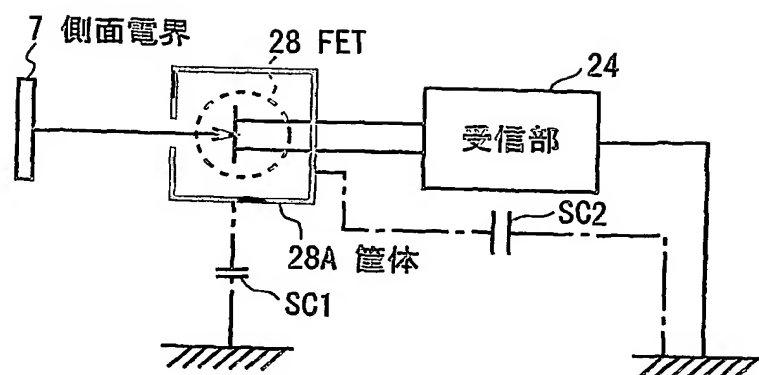


図 1 3

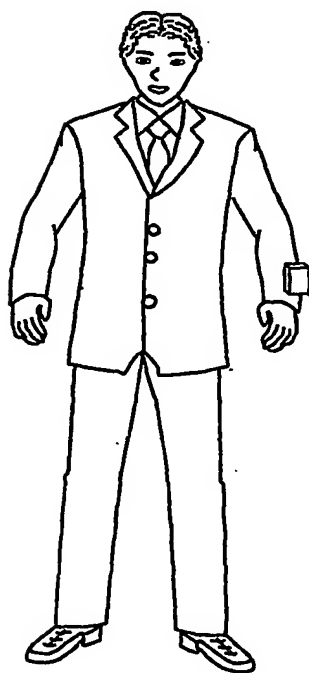


図 1 4

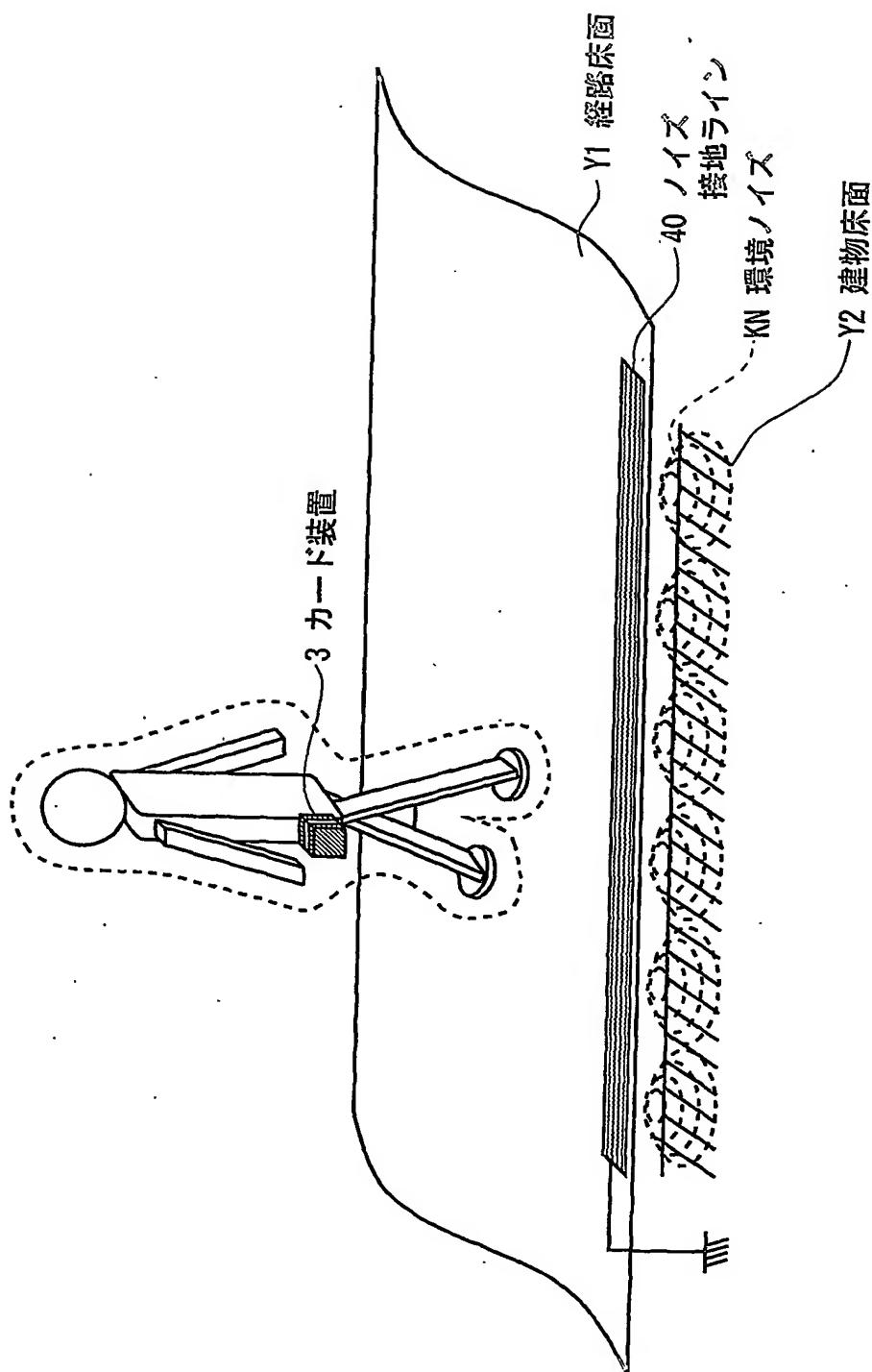


図15

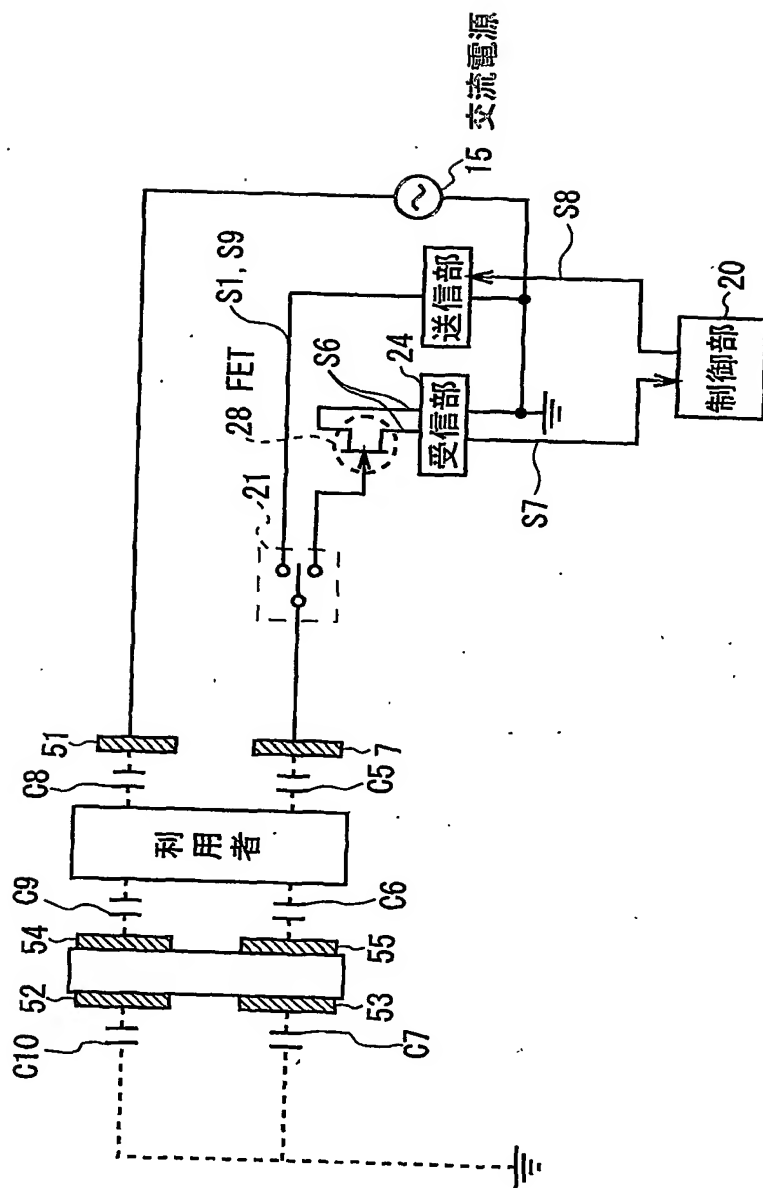


図 17

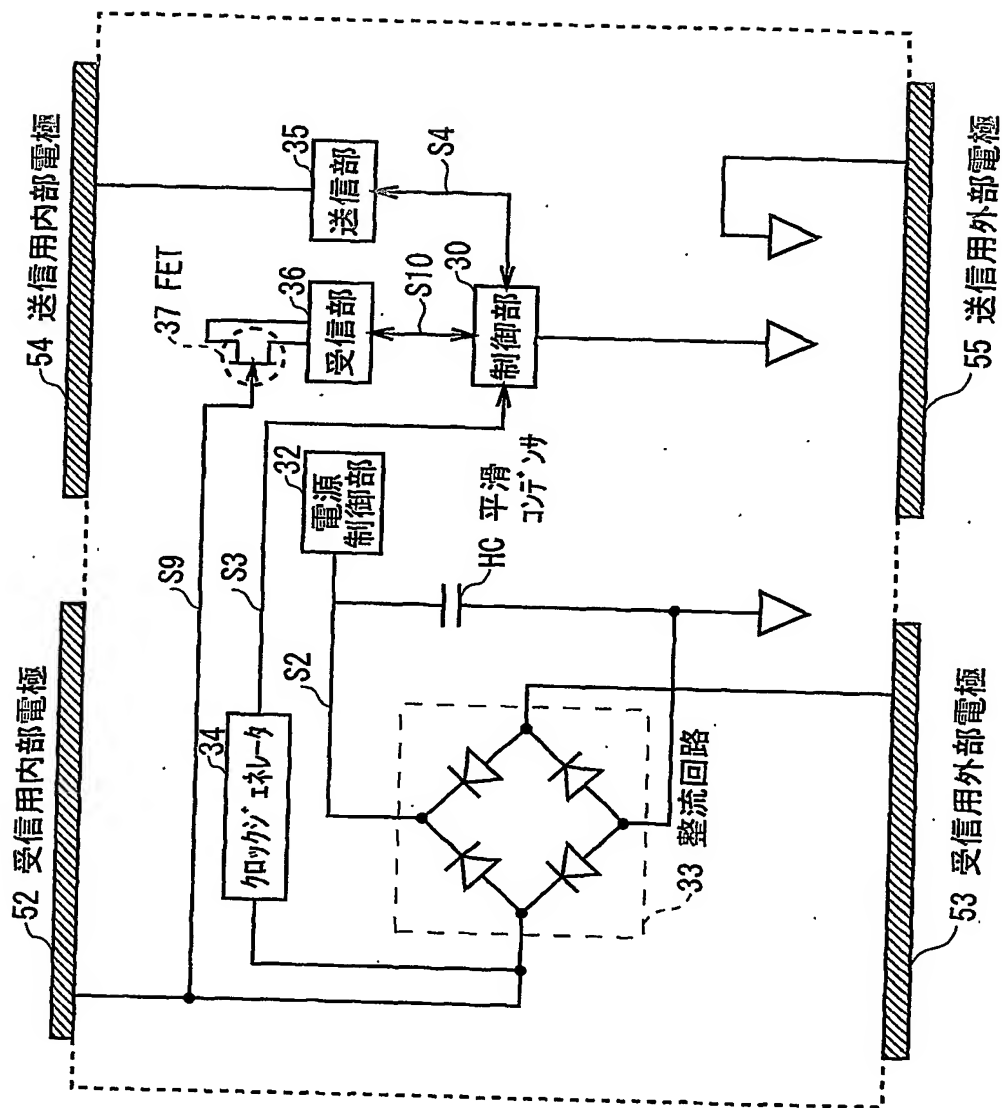


図 18

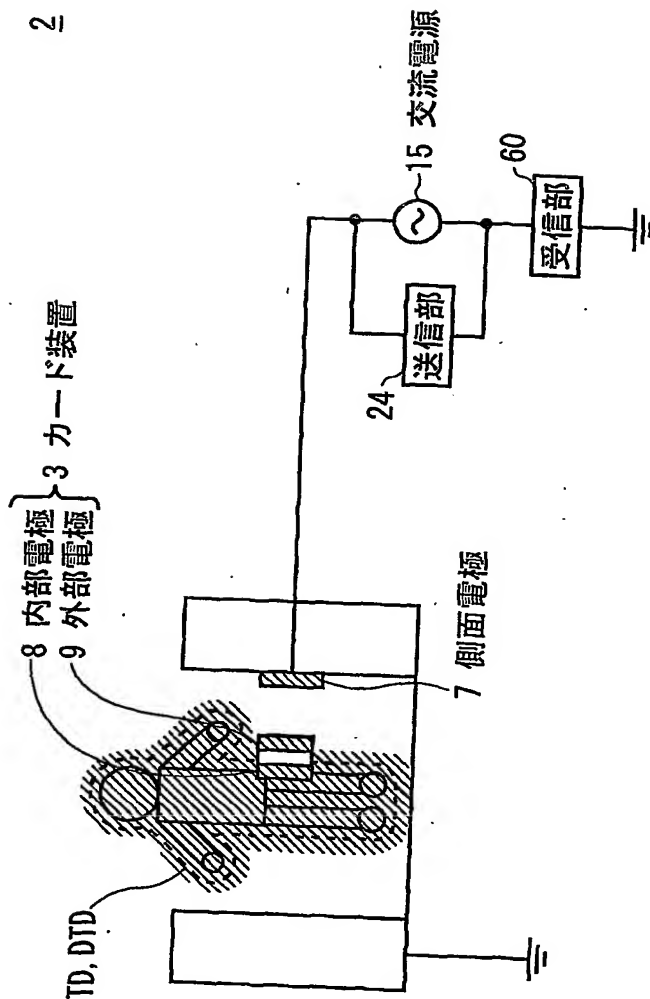


図19

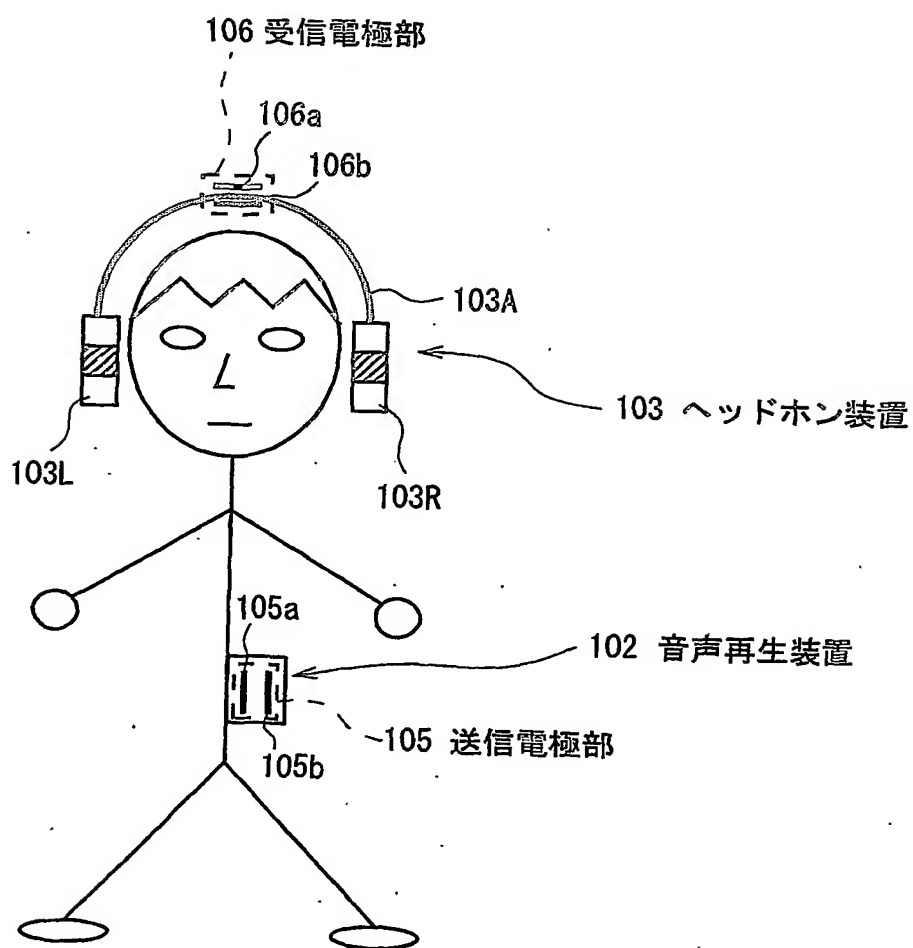
100

図 20

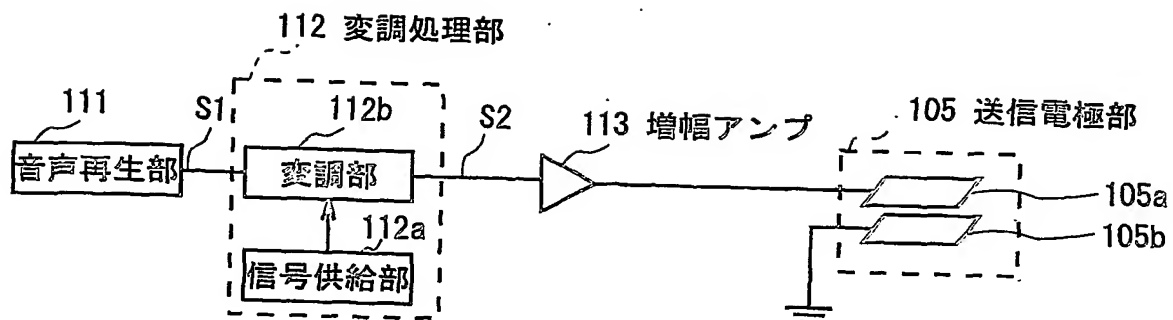


図 2 1

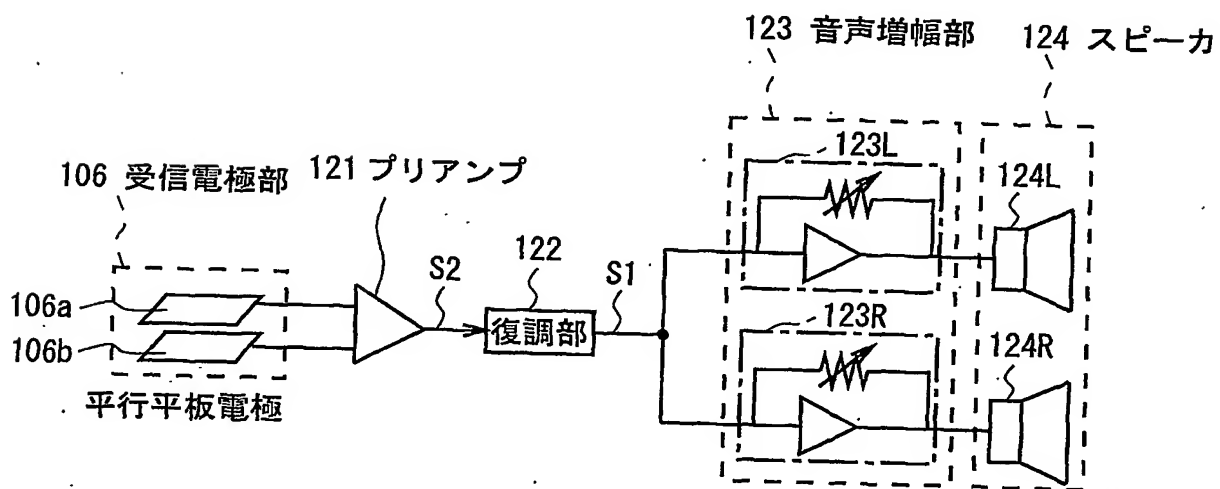


図 2 2

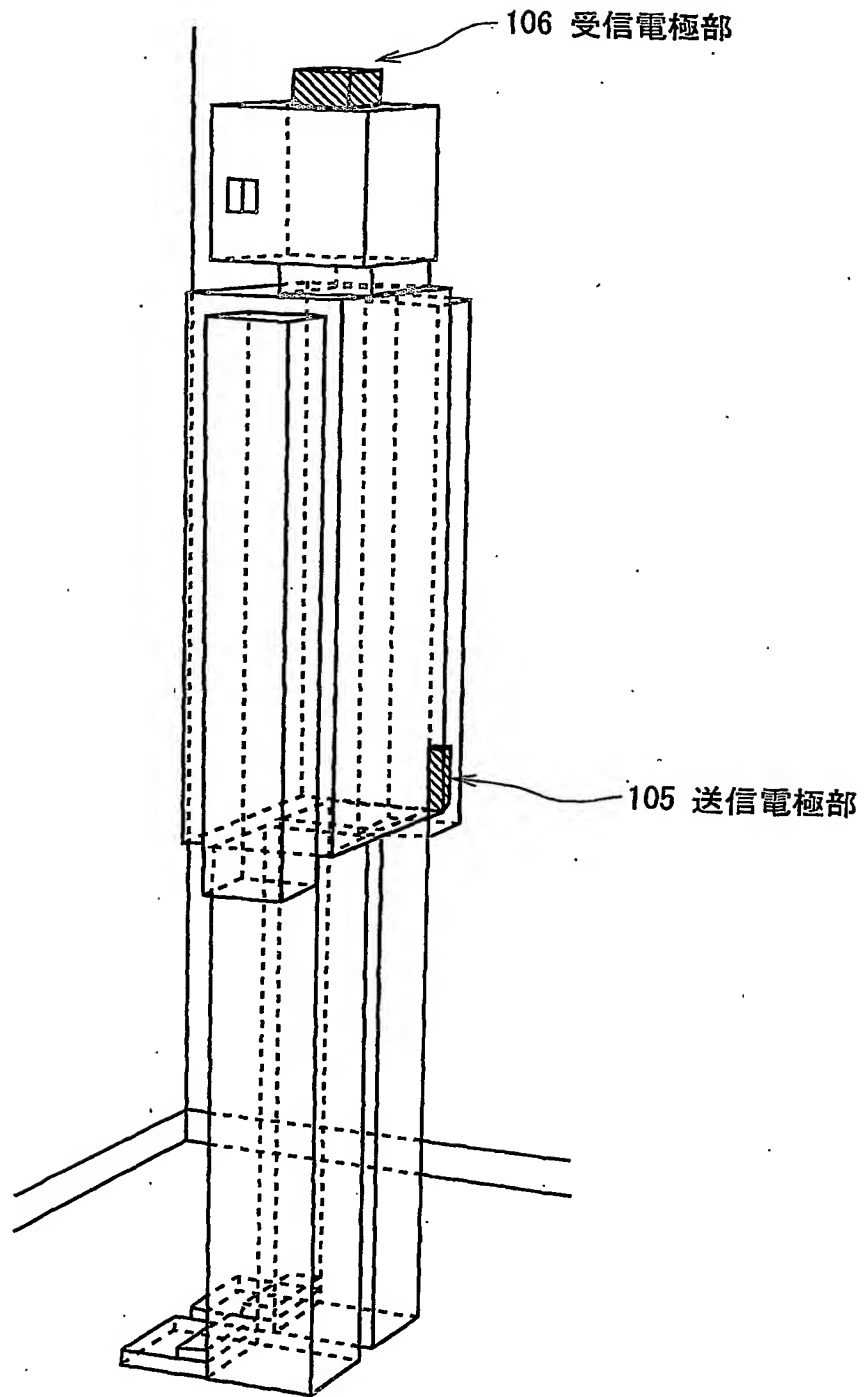


図 2 3

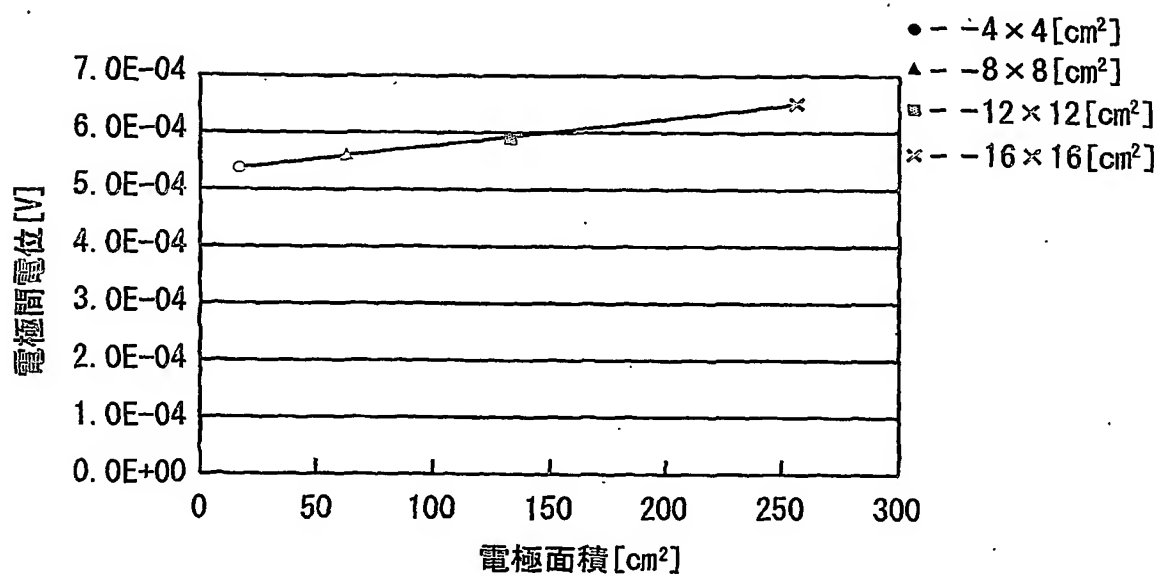


図 2 4

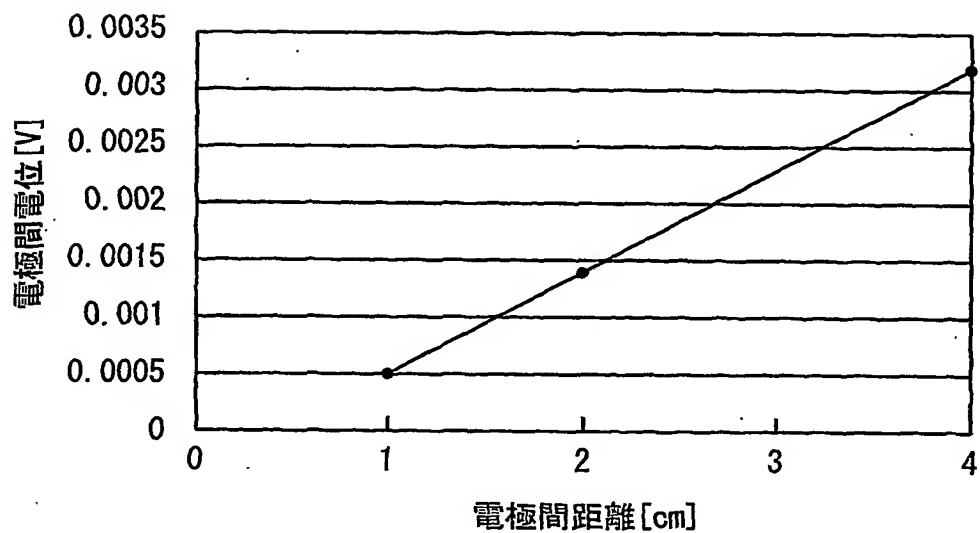


図 2 5

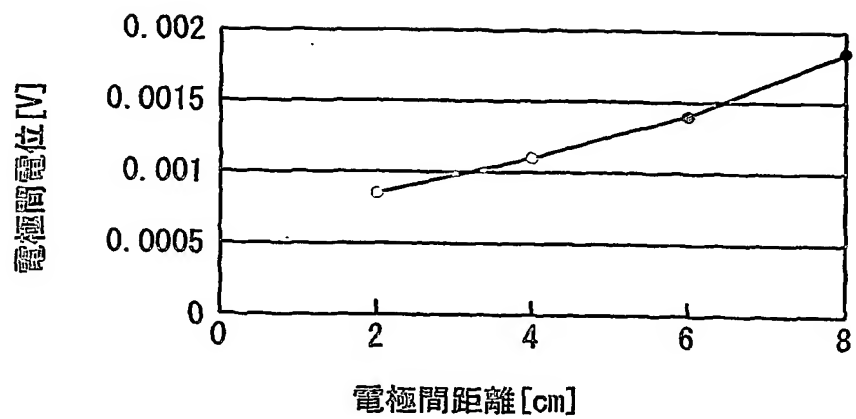


図 2 6

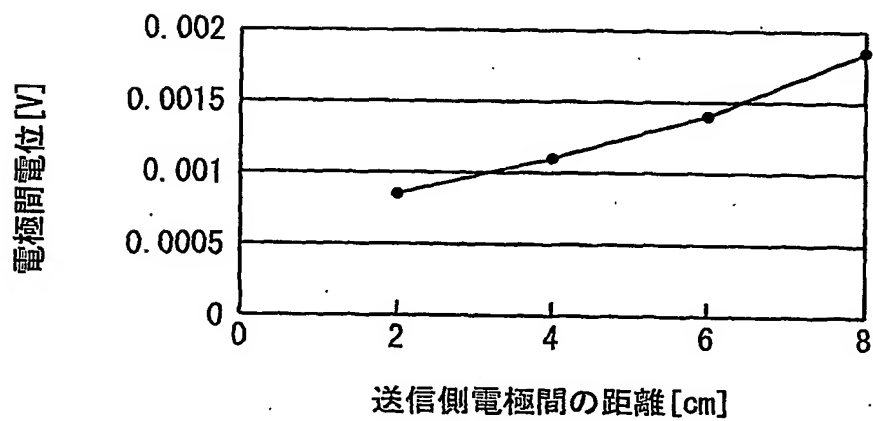


図 2 7

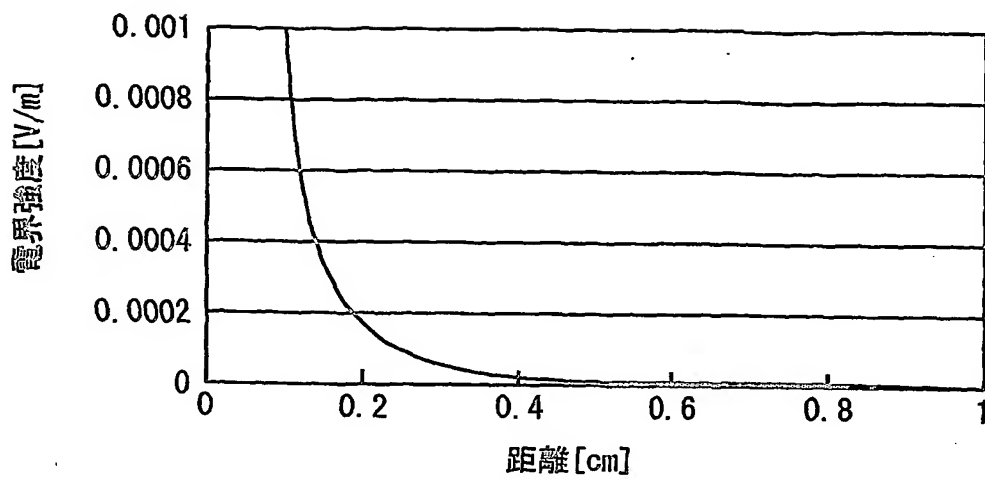


図 28

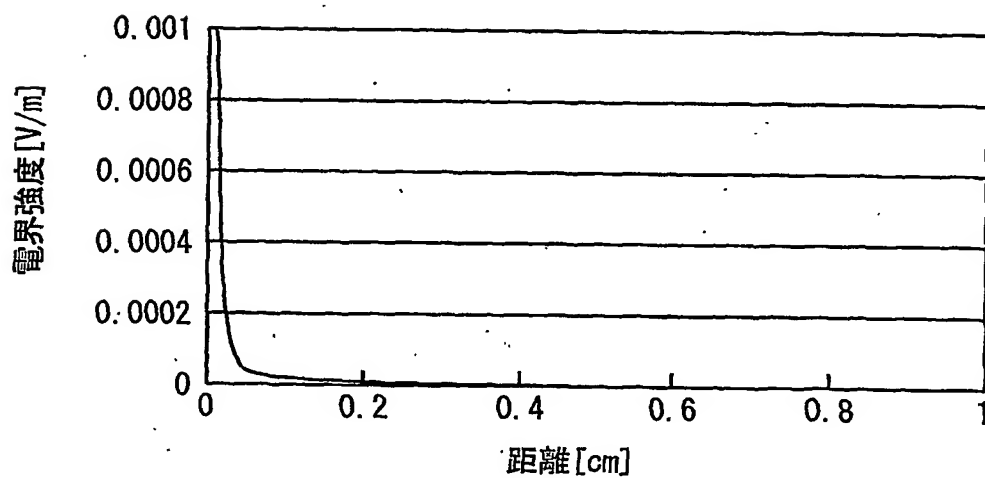


図 29

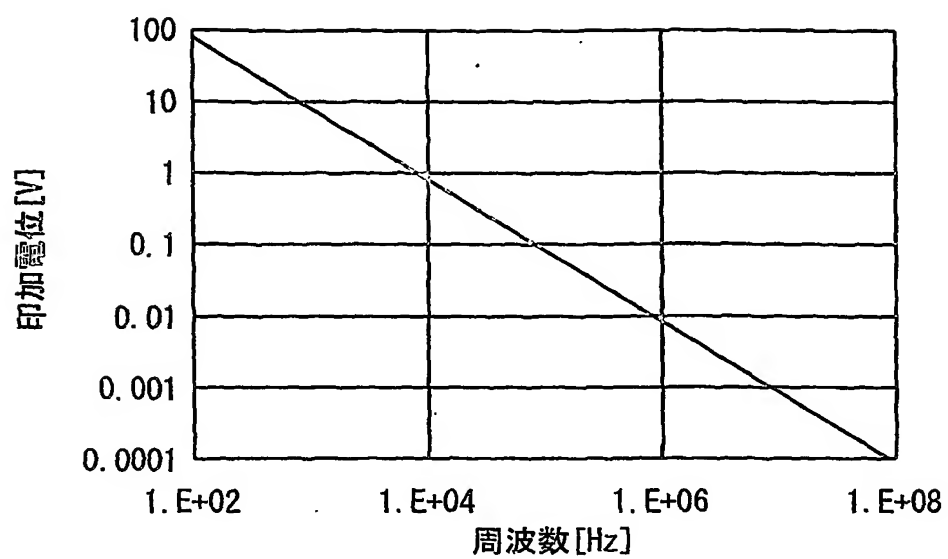


図 3 0

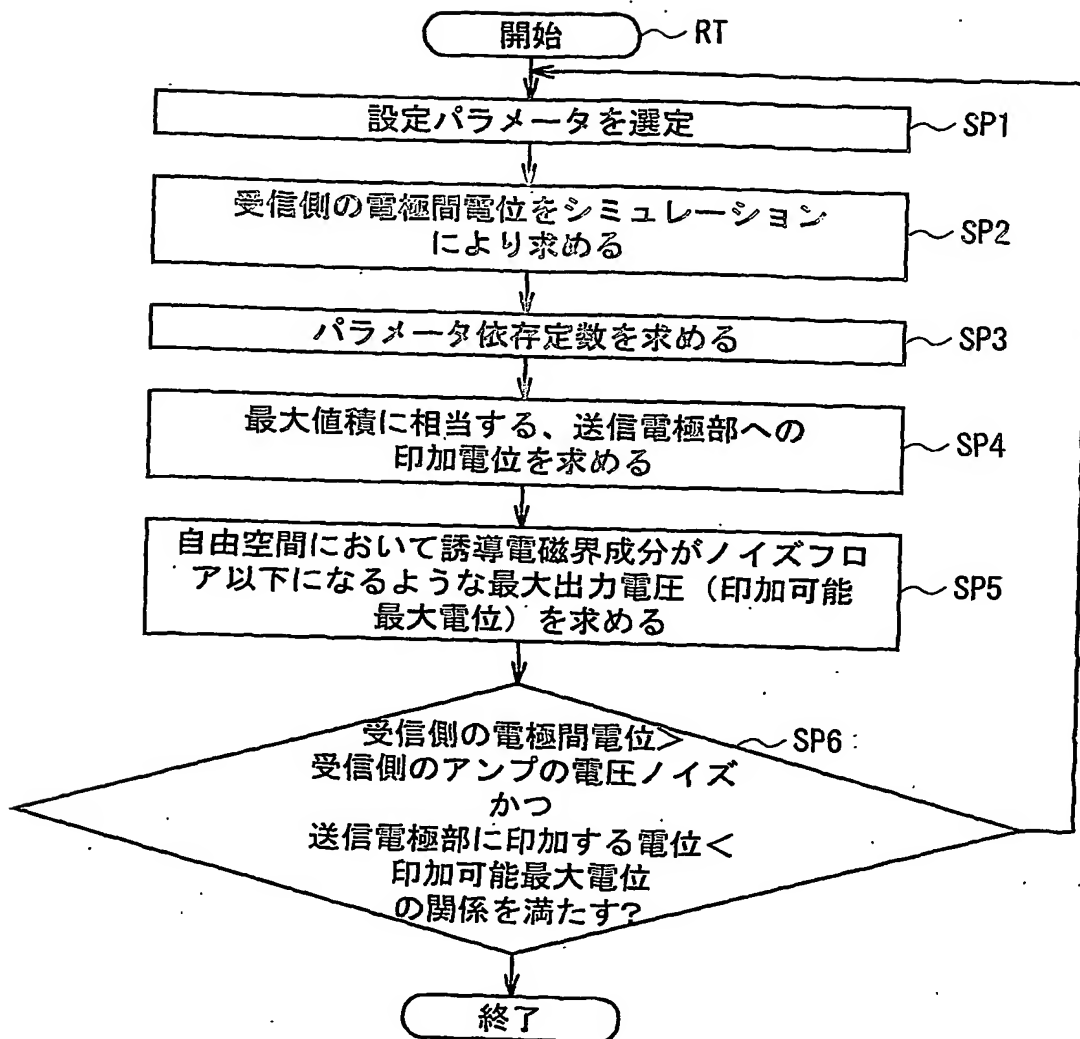


図 3 1

符 号 の 説 明

1、100……通信システム、2……改札機、3……カード装置、7……側面電極、8……内部電極、9……外部電極、20、30……制御部、23、35……送信部、24、36、60……受信部、28、37……FET、32……電源制御部、34……クロックジェネレータ、51……電力供給用電極、52……受信用内部電極、53……受信用外部電極、54……送信用内部電極、55……送信用外部電極、102……音声再生装置、103……ヘッドホン装置、105……送信電極部、106……受信電極部、111……音声再生部、112……変調処理部、112a……信号供給部、112b……変調部、113……増幅アンプ、121……プリアンプ、122……復調部、123……音声増幅部、124……スピーカ

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04B13/00, H04B5/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04B13/00, H04B5/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-509380 A (Massachusetts Institute of Technology), 17 August, 1999 (17.08.99), Page 10, lines 22 to 26 & WO 96036134 A1 & EP 824799 A & US 5914701 A1 & CA 2220294 A & AU 5671396 A & BR 9608465 A & ES 2180767 T & DE 69623115 T	1-29
A	JP 10-229357 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 25 August, 1998 (25.08.98), Claim 1 & US 6223018 B1	1-29

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31 May, 2004 (31.05.04)

Date of mailing of the international search report
15 June, 2004 (15.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002371

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-170215 A (Sony Corp.), 04 July, 1995 (04.07.95), Par. No. [0035] (Family: none)	1-29

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl⁷ H04B13/00 H04B 5/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl⁷ H04B13/00 H04B 5/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-509380 A (マサチューセッツ・インスティテュート・オブ・テクノロジー) 1999. 08. 17 第10頁第22-26行 &WO 96036134 A1 &EP 824799 A &US 5914701 A1 &CA 2220294 A &AU 5671396 A &BR 9608465 A &ES 2180767 T &DE 69623115 T	1-29

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 31. 05. 2004

国際調査報告の発送日 15. 6. 2004

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 江口 能弘

5W 8125

電話番号 03-3581-1101 内線 6511

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-229357 A (日本電信電話株式会社) 1998.08.25, 請求項1 &US 6223018 B1	1-29
A	JP 7-170215 A (ソニー株式会社) 1995.07.04, 段落番号【0035】 (ファミリーなし)	1-29

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.